

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-043354

(43)Date of publication of application : 13.02.2003

(51)Int.Cl.

G02B 15/16

G02B 17/08

G03B 17/17

H04N 5/225

(21)Application number : 2002-131458

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 07.05.2002

(72)Inventor : MIHARA SHINICHI
KONISHI KOICHI
HANZAWA TOYOJI
WATANABE MASAHIITO
ISHII ATSUJIROU
TAKEYAMA TETSUEI
IMAMURA FUMIYOSHI

(30)Priority

Priority number : 2001142948

Priority date : 14.05.2001

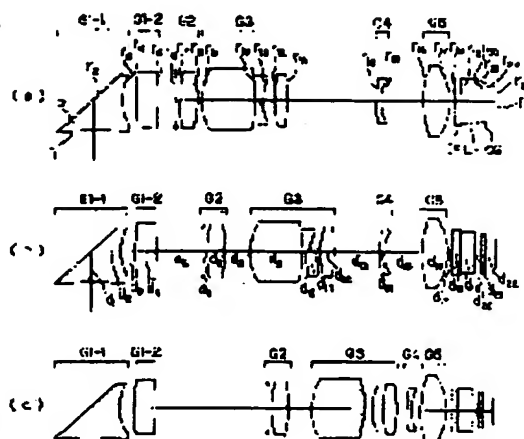
Priority country : JP

(54) ELECTRONIC IMAGING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electronic imaging device, whose thickness in the depth direction is very small and which adopts the type of an optical system, capable of overcoming constraints concerning the movement of a moving group when varying power, while maintaining high specification and performance.

SOLUTION: This electronic imaging device has an optical path bending zoom optical system, which includes a 1-1st group G-1 constituted of a negative lens group and a catoptric element P for bending an optical path, a 1-2nd group G1-2 including one positive lens and



a 2nd group G2 having positive refractive power, in the order starting from the object side and where the 2nd group G2 moves only to the object side in the case of varying power from a wide-angle end to a telephoto end, and the electronic imaging device I arranged on the image side of the zoom optical system.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.07.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-43354

(P2003-43354A)

(43) 公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 2 B 15/16		G 0 2 B 15/16	2 H 0 8 7
	17/08		A 2 H 1 0 1
G 0 3 B 17/17		G 0 3 B 17/17	5 C 0 2 2
H 0 4 N 5/225		H 0 4 N 5/225	D

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2002-131458 (P2002-131458)
(22) 出願日 平成14年5月7日 (2002.5.7)
(31) 優先権主張番号 特願2001-142948 (P2001-142948)
(32) 優先日 平成13年5月14日 (2001.5.14)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000376
オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(72) 発明者 三原 伸一
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(72) 発明者 小西 宏一
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内
(74) 代理人 10009/777
弁理士 荻澤 弘 (外7名)

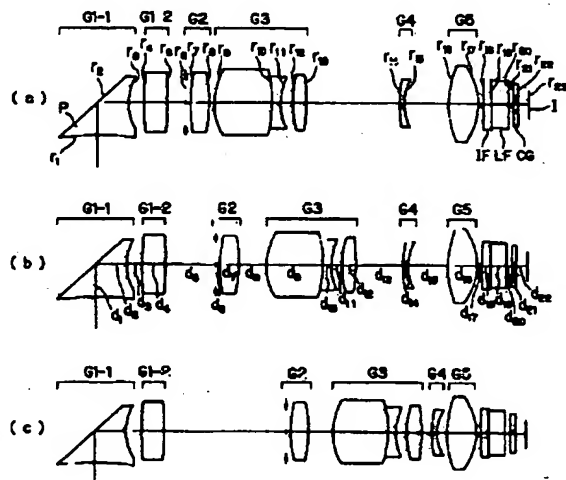
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 高い仕様、性能を維持しつつ変倍時の移動群の移動に関する制約条件を克服できる光学系のタイプを採用した奥行方向が極めて薄い電子撮像装置。

【解決手段】 物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子Pとにて構成された第1-1群G-1、正レンズを1枚含む第1-2群G1-2、正の屈折力を有する第2群G2を含み、広角端から望遠端に変倍する際は第2群G2が物体側にのみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子Iを有する電子撮像装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 広角端から望遠端に変倍する際に物体側のみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項2】 最も物体側のレンズから前記変倍時に可動な全ての群の中最も物体側の面の直前までの部分系の合成焦点距離が負である請求項1記載の電子撮像装置。

【請求項3】 物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側のみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項4】 物体側より順に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するような光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項5】 前記第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動することを特徴とする請求項3又は4記載の電子撮像装置。

【請求項6】 沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記反射光学素子よりも物体側にある負レンズ群を収納することを特徴とする請求項3又は4記載の電子撮像装置。

【請求項7】 物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有し、沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記第1レンズ群を収納する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【請求項8】 反射光学素子を含む撮影光学系と電子撮像素子との間に、前記反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側にも光路を分割する第2の反射面を設け、その反射側に沿って前記第2の反射面の法線に対し略直角である法線を有し、かつ、前記第2の反射面の光軸を含む入射平面と略同一の入射平面を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路が前記撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたことを特徴とする電子撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光路折り曲げズーム光学系を有する薄型電子撮像装置に関し、特に、ズームレンズ等の光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現した、ビデオカメラやデジタルカメラを始めとする電子撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、銀塩35mmフィルム（通称ライカ版）カメラに代わる次世代カメラとして、デジタルカメラ（電子カメラ）が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。

【0003】本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、高画質を確保しながら奥行き方向の薄いビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することをねらっている。

【0004】カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。最近では、撮影時に光学系をカメラボディ内からせり出し、携帯時に光学系をカメラボディ内に収納する、いわゆる沈胴式鏡筒を採用することが主流になっている。しかしながら、使用するレンズタイプやフィルターによって光学系沈胴時の厚みが大きく異なる。特にズーム比やF値等の仕様を高く設定するには、最も物体側のレンズ群が正の屈折力を有するいわゆる正先行型ズームレンズは、各々のレンズエレメントの厚みやデッドスペースが大きく、沈胴してもたいして厚みが薄くならない（特開平11-258507号）。負先行型で特に2乃至3群構成のズームレンズはその点有利であるが、群内構成枚数が多かったり、エレメントの厚みが大きかったり、最も物体側のレンズが正レンズの場合は沈胴しても薄くならない（特開平11-52246号）。

【0005】現在知られている中で、電子撮像素子用に適し、かつ、ズーム比、画角、F値等を含めた結像性能が良好で、沈胴厚を最も薄くできる可能性を有するものの例として、特開平11-194274号、特開平11-287953号、特開2000-9997等のものがある。

【0006】第1群を薄くするには、入射瞳位置を浅くするのがよいが、そのためには第2群の倍率を高くすることになる。一方、そのために第2群の負担が大きくなり、それ自身を薄くすることが困難になるばかりでなく収差補正の困難さや製造誤差の効きが増大し好ましくない。薄型化小型化を実現するには、撮像素子を小さくすればよいが、同じ画素数とするためには画素ピッチを小さくする必要があり、感度不足を光学系でカバーしなければならない。回折の影響も然りである。

【0007】また、奥行き方向の薄いカメラボディにするために、合焦時のレンズ移動を前群ではなくいわゆるリアフ

フォーカスが駆動系のレイアウト上有効である。すると、リアフォーカスを実施したときの収差変動が少ない光学系を選択する必要がある。もう1つの薄型化の手段として、光学系の光路をミラー等で折り曲げる方法がある。この場合、折り曲げのためのスペース上変倍のためのレンズ移動にかなりの制約が発生する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は従来技術のこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学系の光路（光軸）をミラー等の反射光学素子で折り曲げたりリアフォーカスのズームレンズを採用し、高い仕様、性能を維持しつつ変倍時の移動群の移動に関する制約条件を克服できる光学系のタイプを採用して、奥行方向が極めて薄い電子撮像装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、本発明の電子撮像装置は、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものである。

【0010】以下に、本発明において上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0011】本発明においては、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系を採用した。レンズ系入射面を物体側に向けなおかつ奥行を薄くするには、光路折り曲げを撮影光学系の出来るだけ物体側の位置で、しかも、光線高が低い空気間隔部で実施するのが好ましい。また、ズームやフォーカス駆動系を複雑化しないために、移動群は折り曲げ位置よりも像側とするのがよい。折り曲げスペースを極力小さくするためには、折り曲げ部近傍での結像に寄与する全ての光線高が低いのがよいことを考えると、折り曲げ部の存在する最も物体側のレンズから変倍時に可動な群の直前までの部分系の合成焦点距離が負であることが望ましい。

【0012】折り曲げズーム光学系として相応しいレンズ構成を具体的に述べると、物体側より順に、負レンズ群と光路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側にのみ移動するタイプである。

【0013】折り曲げズーム光学系として相応しいもう1つのレンズ構成を具体的に述べると、物体側より順

に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するようなタイプである。

【0014】この場合、何れのタイプでも、反射光学素子の反射面の直前の屈折面から反射面の直後の屈折面までの光軸上の空気換算長 d を以下のようにするのがよい。

【0015】(a) $0.5 < d/L < 2.1$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長。

【0016】この条件(a)の上限値の2.1を越えると、光学系が大きくなりすぎる。下限値の0.5を越えると、画像周辺部の結像に寄与する光束が満足に像面に達しないし、あるいはゴーストが発生しやすい。

【0017】なお、光路を折り曲げる方向の画角が $25^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合、約 $19^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合、それぞれ以下の範囲がよい。

【0018】(a-1) $0.8 < d/L < 1.9$

(a-2) $0.5 < d/L < 1.5$

さらに、次のようにすればより好ましい。

【0019】(a'-1) $0.9 < d/L < 1.8$

(a'-2) $0.6 < d/L < 1.4$

なお、何れのタイプも近軸的屈折力配置を適切にするために反射面を平面以外で構成してもよい。また、反射面の形状を自由に定めることのできる制御系を設け、それによって変倍の際に発生する焦点位置や収差の変動を補正したり、フォーカスをしたり、変倍をするために形状制御可能な形状可変ミラーにするのがより好ましい。

【0020】なお、これとは別に、反射光学素子をプリズム平面部に平面レンズを接合する等して構成してもよい。歪曲補正のレベルと電子撮像装置の目標サイズとのバランスの関係から、最も物体側にパワーの弱い正レンズを付加してもよい。その場合は、第1-2群はなくてもよい。

【0021】これら2つのズームタイプについては、それぞれの最終群は非球面を有する単レンズにて構成するのがよい。歪曲収差、非点収差、コマ収差等、軸外収差の補正には大変効果がある。このレンズによりそれより物体側にて発生する収差をキャンセルしている訳であるから、フォーカス等によって動かすと収差のバランスを崩してしまう。したがって、最終群は固定とした方がよい。

【0022】また、フォーカスを実施する群としては、第1群は折り曲げ系であり相応しくないので、最終群を除く第2群以降の群で実施するのがよい。特に、フォーカスによる焦点距離や収差の変動が少ない最終群から物体側に2番目の群を用いてフォーカスを行うのがよい。

この場合、より近距離側への合焦は繰り出す方向となる。さらに、フォーカスを行うために、最終群から物体側に2番目の群と3番目の群の望遠端での無限遠物点合焦時の光軸上空気間隔 D_{FT} が以下の条件式を満足するのがよい。

$$【0023】(b) \quad 0.1 < D_{FT}/f_T < 1.5$$

ただし、 f_T は望遠端での無限遠物点合焦時の全系焦点距離である。

【0024】この条件(b)の上限の1.5を越えると、ズーム比の確保が困難となり、下限値の0.1を越えると、フォーカス可能距離レンジを十分に与えることができない。

【0025】なお、次のようにすればより好ましい。

$$【0026】(b') \quad 0.2 < D_{FT}/f_T < 1$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0027】

$$(b'') \quad 0.25 < D_{FT}/f_T < 0.8$$

上記の2つのズームタイプは、第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に交倍する際は第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動するようなズーム形式にするとよい。この方式は、スペースを効率良く使って交倍による焦点位置補正を行いながら高い交倍率を稼ぐことができる。

【0028】その場合、無限遠合焦時に広角端から望遠端に交倍する際の第2群、第3群のそれぞれの移動量 M_2 、 M_3 の比を、

$$(c) \quad 0.5 < M_3/M_2 < 2.0$$

の範囲にするのがよい。この条件の上限値の2.0を越えると、ズーム比やフォーカス可能距離レンジを十分に与えることができない。下限値の0.5を越えると、こちらもズーム比の確保が困難である。

【0029】なお、次のようにすればより好ましい。

【0030】

$$(c') \quad 0.7 < M_3/M_2 < 1.4$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0031】

$$(c'') \quad 0.8 < M_3/M_2 < 1.25$$

上記の2つのズームタイプは、第1群(第1-1群から第1-2群にかけての合成系)をズーム時、フォーカス時に動かすのは光路折り曲げ系につき機構的に困難なため、固定とするのがよい。なお、第1-1群は交倍時固定とするが、第1-2群は移動することが比較的容易なため可動としてもよい。その場合、交倍時に像側に凸の軌跡を描きつつ移動するのがよい。この、第1-2群は色収差や歪曲収差等の軸外収差を補正するために、物体側から順に、負レンズ、正レンズの2枚若しくは正レンズ1枚から構成するのがよい。

【0032】さらに、以下の構成上の限定の何れかを加えると、より一層高い仕様、性能、簡素な構成の折り曲げズームレンズ系を得ることができ、撮像装置のさらな

る薄型化に寄与する。

【0033】○第1-1群は光路を折り曲げるための反射光学素子より物体側の負レンズ群は、物体側に凸の負レンズ1枚のみとする。

【0034】この配置が画角を維持しながら光学系の奥行きを最も薄くできる構成である。

【0035】○その場合、負レンズのパワーがある程度ないと意味がないので、第1-1群と第1-2群のパワー比を、

$$(d) \quad -0.8 < f_{11}/f_{12} < 1.9$$

とする。ただし、 f_{11} は第1-1群の焦点距離、 f_{12} は第1-2群の焦点距離である。この条件の上下限の1.9、-0.8の何れを越えても、折り曲げ光学素子が大型化しやすい。

【0036】なお、次のようにすればより好ましい。

【0037】

$$(d') \quad -0.6 < f_{11}/f_{12} < 1.7$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0038】

$$(d'') \quad -0.4 < f_{11}/f_{12} < 1.5$$

○第2群又は第3群の何れか一方が単レンズ、もう一方には少なくとも凹レンズを含む。

【0039】第2群と第3群は交倍時に相対的間隔をわずかに変えながら概ね同一方向に移動することで、移動スペースを共用でき、少ないスペースで焦点位置を一定に保ちつつ交倍することができるのであるが、その他のメリットとして、それぞれの群の色収差の補正が完結している必要がないということである。つまり、第2群、第3群は相互に色収差が補正できる。したがって、何れか一方を単レンズにて構成してもよい。小型軽量化に貢献する。

【0040】○第2群と第3群の相対的間隔変化をできるだけ小さく保つには、第2群以降の合成系の倍率が1倍近傍にて交倍するのがよい。したがって、望遠端においては以下の条件を満足するのがよい。

$$【0041】(e) \quad 0.7 < -\beta_{Rt} < 2.1$$

ただし、 β_{Rt} は第2群以降の望遠端における合成倍率(無限遠物点)である。

【0042】この条件の上下限2.1、0.7の何れを越えても、第2群と第3群との相対的間隔の変化量が大きくなってしまふ。

【0043】なお、次のようにすればより好ましい。

$$【0044】(e') \quad 0.8 < -\beta_{Rt} < 1.9$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

$$【0045】(e'') \quad 0.85 < -\beta_{Rt} < 1.7$$

本発明の電子撮像装置は、また、広角端から望遠端に交倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、交倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に入射面・射出面の少なくとも一方が曲率を有する面である光路を折り曲げるための反射光学素子を少

なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とするものを含むものである。

【0046】このように、光路を折り曲げるための反射光学素子（プリズム）に屈折力を保有させることで、レンズ要素数を削減でき、コンパクト化やコストダウンに寄与する。

【0047】この場合に、光路を折り曲げるための反射光学素子を光路折り曲げズーム光学系の最も物体側に配置することができる。

【0048】このように、光路折り曲げ素子は出来るだけ物体側に配した方が、電子撮像装置の奥行き方向を薄くできる。

【0049】また、光路を折り曲げるための反射光学素子の入射面を物体側に凹面を向けた構成にすることができる。

【0050】本発明の一例である、物体側から負メニスカスレンズ、光路折り曲げプリズムの順に構成したズーム光学系を有する薄型電子撮像装置に対し、光路折り曲げプリズムの入射面に負の屈折力を持たせることで、その負メニスカスレンズを省略でき、電子撮像装置の奥行き方向をより薄くすることが可能となる。

【0051】その場合に、光路を折り曲げるための反射光学素子の入射面を非球面とすることができる。

【0052】入射面の光軸上曲率が負値（物体側に凹面を向けた構成）である場合、歪曲収差等の軸外収差補正上不利となるため、非球面を導入することでその収差補正を可能としている。

【0053】そして、光路を折り曲げるための反射光学素子の射出面を平面とすることができる。

【0054】上記のように、入射面に非球面を導入すると、射出面との面間偏心精度の確保が困難となるため、もう一方の面（射出面）を平面として面間偏心要求精度を緩和することができる。

【0055】また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと少なくとも1つの負レンズとからなり、少なくとも1つずつの正レンズと負レンズが互いに接合されているものとすることができる。

【0056】広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群においては、正レンズと負レンズの相対偏心による収差の劣化が大きい傾向にある。したがって、上記のように出来るだけ互いに接合しておいた方が好ましい。

【0057】また、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つの負レンズとからなり、その負レンズが少なくとも一方の正レンズと互いに接合されているものとすることができる。

【0058】このように、広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つ

の負レンズの合計3枚が最低構成要素である。

【0059】さて、次に、フィルター類を薄くすることについて言及する。電子撮像装置には、通常赤外光が撮像面に入射しないように一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。これを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。当然その分薄くなる訳だが、副次的効果がある。ズームレンズ系後方にある電子撮像素子よりも物体側に、600nmでの透過率が80%以上、700nmでの透過率が10%以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも相対的に赤側の透過率が高くなり、補色モザイクフィルターを有するCCDの欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有するCCD並みの色再現を得ることができる。一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから原色フィルター付きCCDと比べ実質の感度が高く、かつ、解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。もう一方のフィルターである光学的ローパスフィルターについてもその総厚 t_{LPF} 以下の条件を満たすようにするとよい。

$$(f) \quad 0.15a < t_{LPF} < 0.45a$$

a は電子撮像素子の水平画素ピッチ（単位 μm ）。

【0060】光学的ローパスフィルターを薄くすると、一般的にはモアレ抑制効果が減少して好ましくない。一方、画素ピッチが小さくなるにつれて結像レンズ系の回折の影響によりナイキスト限界以上の周波数成分のコントラストは減少し、モアレ抑制効果の減少はある程度許容されるようになる。例えば、像面上投影時の方位角度が水平（ $=0^\circ$ ）と $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用する場合、かなりモアレ抑制効果があることが知られている。この場合のフィルターが最も薄くなる仕様としては、水平に $a \mu m$ 、 $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ $\sqrt{1/2} * a \mu m$ だけずらせるものが知られている。このときのフィルター厚は、凡そ $[1 + 2 * \sqrt{1/2}] * a / 5.88$ （mm）となる。ここで、 $\sqrt{}$ はスクエアルートであり平方根を意味する。これは、丁度ナイキスト限界に相当する周波数においてコントラストをゼロにする仕様である。これよりは数%乃至数十%程度薄くすると、ナイキスト限界に相当する周波数のコントラストが少し出てくるが、上記回折の影響で抑えることが可能になる。

【0061】上記以外のフィルター仕様、例えば2枚重ねあるいは1枚で実施する場合も含めて、条件（f）を満足するのがよい。その上限値の0.45aを越えると、光学的ローパスフィルターが厚すぎ薄型化の妨げになる。下限値の0.15aを越えると、モアレ除去が不十分になる。ただし、これを実施する場合のaの条件は5 μm 以下である。

【0062】 a が $4\mu\text{m}$ 以下なら、より回折の影響を受けやすいので、

$$(f') \quad 0.13a < t_{\text{LPP}} < 0.42a$$

$$(f'') \quad 4\mu\text{m} \text{以上:}$$

$$0.3a < t_{\text{LPP}} < 0.4a \quad \cdots 3\text{枚重ね} \quad a < 5\mu\text{m}$$

$$0.2a < t_{\text{LPP}} < 0.28a \quad \cdots 2\text{枚重ね} \quad a < 5\mu\text{m}$$

$$0.1a < t_{\text{LPP}} < 0.16a \quad \cdots 1\text{枚} \quad a < 5\mu\text{m}$$

$$4\mu\text{m以下:}$$

$$0.25a < t_{\text{LPP}} < 0.37a \quad \cdots 3\text{枚重ね} \quad a < 4\mu\text{m}$$

$$0.16a < t_{\text{LPP}} < 0.25a \quad \cdots 2\text{枚重ね} \quad a < 4\mu\text{m}$$

$$0.08a < t_{\text{LPP}} < 0.14a \quad \cdots 1\text{枚} \quad a < 4\mu\text{m}$$

画素ピッチの小さな電子撮像素子を使用する場合、絞り込みによる回折効果の影響で画質が劣化する。したがって、開口サイズが固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路上に挿入でき、かつ、他の開口と交換可能とすることで像面照度の調節することができる電子撮像素子としており、その複数の開口の中、一部の開口内に 550nm に対する透過率がそれぞれ異なり、かつ、 80% 未満であるような媒体を有するようにして光量調節を行なうのがよい。あるいは、 a (μm) / Fナンバー < 0.4 となるようなF値に相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に 550nm に対する透過率がそれぞれ異なりかつ 80% 未満の媒体を有する電子撮像素子とするのがよい。例えば、開放値から上記条件の範囲外ではその媒体なしあるいは 550nm に対する透過率が 91% 以上のダメージ媒質としており、範囲内のときは回折の影響が出る程に開口絞り径を小さくするのではなく、NDフィルタのようなもので光量調節するのがよい。

【0064】また、その複数の開口をそれぞれ径をF値に反比例して小さくしたものにして揃えておき、NDフィルタの代わりにそれぞれ周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを開口内に入れておくのもよい。絞り込むにつれて回折劣化が大きくなるので、開口径が小さくなる程光学的ローパスフィルターの周波数特性を高く設定しておく。

【0065】電子撮像素子の薄型化は、光学系の構成の工夫の他に、機械的機構やレイアウトの工夫も重要である。特に、撮影をしないときにレンズを本体内に収納するいわゆる沈胴方式を採用することは重要である。その機構として、本発明のレンズ構成の場合には、既に本体内部にある反射光学素子を光路から本体内部の別の空間に退避し、その空いた光路上の空間に、反射光学素子よりも物体側において撮影時には本体から突出しているレンズ群を移動して収納する方式を採用するのがよい。

【0066】なお、本発明に採用したレンズ構成以外であっても、物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有するような光学系であれば、反射光学素子を光路から本体

としてもよい。また、水平画素ピッチと重なるローパスフィルターの枚数に応じて、以下のようにしてもよい。

【0063】

内の別の空間に退避し、その空いた光路上の空間に第1レンズ群を移動して収納する方式が使える。

【0067】さらに、第1レンズ群の収納時、第2レンズ群が撮影時の最も像面から離れた位置よりも像側に退避するようにするとよい。第2レンズ群以降には変倍やフォーカスのための移動スペースがあるので、例えば収納時にそれを有効利用するために、収納時には第2群はできるだけ像側に押し下げ、必要によっては反射光学素子も像側に移動して第1群を収納したりすることができる。

【0068】反射光学素子が特に薄板に反射ミラーコーティングを施した反射ミラーで構成するような場合は、その収納時に、反射ミラーを反射面が折り曲げ、前の光軸と垂直となるように退避させることができるので、退避スペースを必要とせずに第1群の収納が可能である。

【0069】その他、収納時に反射光学素子以外のレンズ1枚1枚を倒したり移動して収納空間を作りだしてもよい。

【0070】プリズムを外殻のみ固体で形成し、内部を液体等で充填したもので構成する場合は、内部の液体を抜いて薄くするのもよい。

【0071】なお、反射光学素子を利用した光学系を用いると、以下のようなことが可能になる。

【0072】最も優れた応用例として、ホロプリズム方式のファインダーと融合したTTL一眼レフ光学系である。

【0073】例えば、反射光学素子を含む撮影光学系と撮像素子との間に、反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略直角の側にも光路を分割する第2の反射面（時分割でも振幅分割でも何でもよい）を設け、その反射側に沿ってその第2の反射面の法線に対し略同一平面内でかつ略直角である法線を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路がその撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたもの等である。これは、カメラの薄型化に大きく貢献する。

【0074】第2の応用例として、反射光学素子とそれよりも物体側の光学系を例えば撮影光学系の入射位置近傍を回転中心に回転して撮影方向を変えることができ

る。あるいは、光学的な手ブレ補正も可能である。

【0075】

【発明の実施の形態】以下、本発明の電子撮像装置に用いられる光路折り曲げズーム光学系の実施例1～12について説明する。これらの実施例の無限遠物点合焦時の望遠端(a)、中間状態(b)、広角端(c)でのレンズ断面図をそれぞれ図1～図12に示す。各図中、第1群はG1、第1-1群はG1-1、第1-2群はG1-2、第2群はG2、第3群はG3、第4群はG4、第5群はG5、光路折り曲げプリズムはP、開口絞り(独立の場合)はS、近赤外カットフィルターはIF、近赤外カットコート面はIC、ローパスフィルターはLF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはCG、CCDの像面はIで示してあり、物体側から順に配置された近赤外カットフィルターIF、ローパスフィルターLF、カバーガラスCG、あるいは、近赤外カットコート面IC、ローパスフィルターLF、カバーガラスCGは、最終群と像面Iの間に固定配置されている。

【0076】実施例1の光路折り曲げズーム光学系は、図1に示すように、両凹負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞り(開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズと両凸正レンズからなる第3群G3、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第4群G4、両凸正レンズからなる第5群G5からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動し、第4群G4は第3群G3との間隔を広げながら物体側へ移動する。

【0077】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の負メニスカスレンズの像面側の面、第5群G5の両凸正レンズの像面側の面の4面に用いられている。

【0078】実施例2の光路折り曲げズーム光学系は、図2に示すように、両凹負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、独立に移動する開口絞りS、両凸正レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第2群G2、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G4と第3群G3は相互に間隔を広げながら物体側へ移動する。第1-2群G1-2と第2群G4の間に配置された開口絞りSも、第1-2群G1-2と第2群G4の間の間隔を狭めながら物体側へ移動する。

【0079】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用い

られている。

【0080】実施例3の光路折り曲げズーム光学系は、図3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0081】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第3群G3の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0082】実施例4の光路折り曲げズーム光学系は、図4に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞りと両凸正レンズと両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第2群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0083】非球面は、第1-2群G1-2の両凸正レンズの物体側の面、第2群G2の絞りの後の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0084】実施例5の光路折り曲げズーム光学系は、図5に示すように、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1群G1、開口絞りと両凸正レンズからなる第2群G2、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズと両凸正レンズからなる第3群G3、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第4群G4、物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第5群G5からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら、また、第3群G3と第4群G4は間の間隔を広げながら、物体側へ移動し、第5群G5は若干像面側へ移動する。

【0085】非球面は、第1群G1の両凸正レンズの像面側の面、第2群G2の両凸正レンズの物体側の面、第4群G4の負メニスカスレンズの像面側の面、第5群G5の正メニスカスレンズの像面側の面の4面に用いられている。

【0086】実施例6の光路折り曲げズーム光学系は、

図6に示すように、両凸正レンズと両凹負レンズと平行平面板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1群G1、開口絞り、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G2、物体側に凸の負メニスカスレンズからなる第3群G3、両凸正レンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を広げながら物体側へ移動し、第4群G4は像面側に凸の軌跡を描きつつ望遠端では物体側へ若干移動する。

【0087】非球面は、第1群G1の両凹負レンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第3群G3の負メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0088】実施例7の光路折り曲げズーム光学系は、図7に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平面板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと両凸正レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞り、両凸正レンズと、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、物体側に凸の負メニスカスレンズ2枚からなる第2群G2、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0089】非球面は、第1-1群G1-1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0090】実施例8の光路折り曲げズーム光学系は、図8に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平面板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、両凹負レンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞り、両凸正レンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第2群G2、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0091】非球面は、第1-1群G1-1の負メニスカスレンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0092】実施例9の光路折り曲げズーム光学系は、図9に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平面板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞り、両凸正レンズからなる第2群G2、

両凸正レンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に若干狭めながら物体側へ移動する。

【0093】非球面は、第1-2群G1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0094】実施例10の光路折り曲げズーム光学系は、図10に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平面板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞り、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズと、両凸正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0095】非球面は、第1-2群G1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの物体側の面の3面に用いられている。

【0096】実施例11の光路折り曲げズーム光学系は、図11に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと平行平面板と等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凸の負メニスカスレンズと物体側に凸の正メニスカスレンズからなる第1-2群G1-2、開口絞り、両凸正レンズと像面側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズからなる第2群G2、物体側に凸の正メニスカスレンズと、凸平正レンズと両凹負レンズの接合レンズからなる第3群G3、両凸正レンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0097】非球面は、第1-2群G1-2の負メニスカスレンズの像面側の面、第3群G3の正メニスカスレンズの物体側の面、第4群G4の両凸正レンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0098】実施例12の光路折り曲げズーム光学系は、図12に示すように、凹平負レンズと等価な光路折り曲げプリズムPからなる第1-1群G1-1、物体側に凹の負メニスカスレンズと物体側に凹の正メニスカスレンズの接合レンズからなる第1-2群G1-2、開口絞り、両凸正レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと

からなる第2群G2、両凸正レンズからなる第3群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズからなる第4群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第2群G2と第3群G3は間の間隔を一旦は広げ後に狭めながら物体側へ移動する。

【0099】非球面は、第1-1群G1-1の光路折り曲げプリズムPの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の正メニスカスレンズの像面側の面の3面に用いられている。

【0100】以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、fは全系焦点距離、2 ω は画角、F_{N0}はFナンバー、WEは広角端、STは中間状態、TEは望遠端、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、d

d_1 、 d_2 …は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} …は各レンズのd線の屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} …は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、xを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$【0101】x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K + 1)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0102】

実施例1

$r_1 = -26.8147$	$d_1 = 3.8000$	$n_{d1} = 1.73400$	$\nu_{d1} = 51.47$
$r_2 = \infty$ (反射面)	$d_2 = 3.2000$	$n_{d2} = 1.73400$	$\nu_{d2} = 51.47$
$r_3 = 6.2254$	$d_3 = 1.7202$		
$r_4 = 424.9864$ (非球面)	$d_4 = 2.4297$	$n_{d3} = 1.84666$	$\nu_{d3} = 23.78$
$r_5 = -48.1247$	$d_5 =$ (可変)		
$r_6 = \infty$ (絞り)	$d_6 = 0.5000$		
$r_7 = 17.8731$ (非球面)	$d_7 = 2.0000$	$n_{d4} = 1.58913$	$\nu_{d4} = 61.26$
$r_8 = -16.6911$	$d_8 =$ (可変)		
$r_9 = 7.9903$	$d_9 = 6.2379$	$n_{d5} = 1.48749$	$\nu_{d5} = 70.23$
$r_{10} = -14.7007$	$d_{10} = 0.8488$	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$
$r_{11} = 7.0178$	$d_{11} = 1.1903$		
$r_{12} = 11.2307$	$d_{12} = 1.6307$	$n_{d7} = 1.84666$	$\nu_{d7} = 23.78$
$r_{13} = -24.5400$	$d_{13} =$ (可変)		
$r_{14} = 18.1763$	$d_{14} = 0.5000$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$
$r_{15} = 5.9110$ (非球面)	$d_{15} =$ (可変)		
$r_{16} = 14.1876$	$d_{16} = 3.0000$	$n_{d9} = 1.58913$	$\nu_{d9} = 61.26$
$r_{17} = -7.1178$ (非球面)	$d_{17} = 0.5006$		
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.8000$	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 1.8000$	$n_{d11} = 1.54771$	$\nu_{d11} = 62.84$
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.5000$		
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 0.5000$	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 1.1914$		
$r_{23} = \infty$ (像面)			

非球面係数

第4面

$$K = 0.0195$$

$$A_4 = 5.4111 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.1984 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 4.5957 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -1.0754 \times 10^{-8}$$

第7面

$$K = 5.8821$$

$$A_4 = -2.7575 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 5.8194 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -7.9649 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 3.4848 \times 10^{-8}$$

第15面

$$K = -3.6043$$

$$A_4 = 2.6150 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -8.5623 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -2.8972 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 1.5174 \times 10^{-7}$$

第17面

$$K = 0.8882$$

$$A_4 = 1.1140 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -8.5962 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 3.9677 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 3.1086 \times 10^{-8}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.59000	8.95000	13.23000
F _{No}	2.8316	3.8724	4.6438
2 ω (°)	65.5	34.0	23.0
d ₆	12.93741	5.34873	2.00000
d ₈	2.61607	2.85689	0.50000
d ₁₃	1.09671	5.22639	10.38165
d ₁₅	1.00016	4.21405	4.71724

【0103】

実施例2

r ₁ = -129.7294	d ₁ = 4.5500	n _{d1} = 1.80400	ν_{d1} = 46.57
r ₂ = ∞ (反射面)	d ₂ = 4.0019	n _{d2} = 1.80400	ν_{d2} = 46.57
r ₃ = 5.3898	d ₃ = 1.6465		
r ₄ = 30.0332 (非球面)	d ₄ = 1.4609	n _{d3} = 1.84666	ν_{d3} = 23.78
r ₅ = -35.8611	d ₅ = (可変)		
r ₆ = ∞ (絞り)	d ₆ = (可変)		
r ₇ = 9.6063 (非球面)	d ₇ = 2.7296	n _{d4} = 1.48749	ν_{d4} = 70.23
r ₈ = -30.8421	d ₈ = 0.1469		
r ₉ = 10.1172	d ₉ = 2.1277	n _{d5} = 1.69680	ν_{d5} = 55.53
r ₁₀ = 97.1974	d ₁₀ = 0.0500		
r ₁₁ = 12.1982	d ₁₁ = 0.7949	n _{d6} = 1.84666	ν_{d6} = 23.78
r ₁₂ = 5.7271	d ₁₂ = (可変)		
r ₁₃ = 14.2960	d ₁₃ = 4.0342	n _{d7} = 1.48749	ν_{d7} = 70.23
r ₁₄ = -15.7323	d ₁₄ = 0.1401		
r ₁₅ = -18.5671	d ₁₅ = 1.1241	n _{d8} = 1.84666	ν_{d8} = 23.78
r ₁₆ = -29.8834	d ₁₆ = (可変)		
r ₁₇ = 46.3841 (非球面)	d ₁₇ = 1.1752	n _{d9} = 1.58913	ν_{d9} = 61.26
r ₁₈ = 541.6142	d ₁₈ = 0.4453		
r ₁₉ = ∞	d ₁₉ = 0.8000	n _{d10} = 1.51633	ν_{d10} = 64.14
r ₂₀ = ∞	d ₂₀ = 1.8000	n _{d11} = 1.54771	ν_{d11} = 62.84
r ₂₁ = ∞	d ₂₁ = 0.5000		
r ₂₂ = ∞	d ₂₂ = 0.5000	n _{d12} = 1.51633	ν_{d12} = 64.14
r ₂₃ = ∞	d ₂₃ = 1.2588		
r ₂₄ = ∞ (像面)			

非球面係数

第4面

$$K = 42.6072$$

$$A_4 = 4.5281 \times 10^{-4}$$

$$A_5 = -1.2752 \times 10^{-6}$$

$$A_6 = 2.9327 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.9136 \times 10^{-4}$$

$$A_5 = -7.7511 \times 10^{-7}$$

$$A_6 = 2.4221 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第17面

$$K = 0$$

$$A_4 = -8.0585 \times 10^{-4}$$

$$A_5 = 1.7583 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = -1.1309 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.71141	7.84455	13.21508
F _{No}	2.8000	3.6612	5.0650
2 ω (°)	67.8	41.2	24.8
d ₆	7.09024	5.59391	1.24849
d ₁₂	3.08267	9.70509	10.04403
d ₁₆	0.98577	1.28696	8.72623

[0104]

実施例3

r ₁ = 22.0799	d ₁ = 0.7823	n _{d1} = 1.80400	ν_{d1} = 46.57
r ₂ = 7.0105	d ₂ = 1.1905		
r ₃ = ∞	d ₃ = 3.8000	n _{d2} = 1.80400	ν_{d2} = 46.57
r ₄ = ∞ (反射面)	d ₄ = 3.4483	n _{d3} = 1.80400	ν_{d3} = 46.57
r ₅ = ∞	d ₅ = 0.4000		
r ₆ = -43.4610	d ₆ = 0.7742	n _{d4} = 1.77250	ν_{d4} = 49.60
r ₇ = 9.6384	d ₇ = 0.6369		
r ₈ = 19.1908 (非球面)	d ₈ = 1.6810	n _{d5} = 1.84666	ν_{d5} = 23.78
r ₉ = -40.1274	d ₉ = (可変)		
r ₁₀ = ∞ (絞り)	d ₁₀ = 0.5000		
r ₁₁ = 85.1662	d ₁₁ = 1.5117	n _{d6} = 1.58913	ν_{d6} = 61.26
r ₁₂ = -18.3807	d ₁₂ = (可変)		
r ₁₃ = 5.5347 (非球面)	d ₁₃ = 2.9473	n _{d7} = 1.48749	ν_{d7} = 70.23
r ₁₄ = -102.8346	d ₁₄ = 0.1500		
r ₁₅ = 68.5128	d ₁₅ = 3.4582	n _{d8} = 1.84666	ν_{d8} = 23.78
r ₁₆ = 5.6774	d ₁₆ = 2.1376		
r ₁₇ = 7.8453	d ₁₇ = 2.3148	n _{d9} = 1.60542	ν_{d9} = 45.99
r ₁₈ = -12.6010	d ₁₈ = 0.5441		
r ₁₉ = -6.0465	d ₁₉ = 0.7255	n _{d10} = 1.61800	ν_{d10} = 63.33
r ₂₀ = -17.9513	d ₂₀ = (可変)		
r ₂₁ = -17.2238 (非球面)	d ₂₁ = 1.4117	n _{d11} = 1.58913	ν_{d11} = 61.26
r ₂₂ = -9.8048	d ₂₂ = 0.5599		
r ₂₃ = ∞	d ₂₃ = 0.8000	n _{d12} = 1.51633	ν_{d12} = 64.14
r ₂₄ = ∞	d ₂₄ = 1.8000	n _{d13} = 1.54771	ν_{d13} = 62.84

$r_{25} = \infty$ $d_{25} = 0.5000$
 $r_{26} = \infty$ $d_{26} = 0.5000$ $n_{d14} = 1.51633$ $\nu_{d14} = 64.14$
 $r_{27} = \infty$ $d_{27} = 1.3641$
 $r_{28} = \infty$ (像面)

非球面係数

第8面

$K = 1.5876$

$A_4 = 2.6616 \times 10^{-4}$

$A_6 = 3.3939 \times 10^{-6}$

$A_8 = -1.0023 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

第13面

$K = 0$

$A_4 = -2.7230 \times 10^{-4}$

$A_6 = -5.7432 \times 10^{-6}$

$A_8 = -3.4301 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

第21面

$K = 0$

$A_4 = -8.9975 \times 10^{-4}$

$A_6 = -1.8358 \times 10^{-5}$

$A_8 = 1.4143 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.60758	7.85021	13.40785
F_{No}	2.8000	3.4489	4.6187
2ω (°)	65.3	39.0	22.9
d_9	14.75212	6.67783	2.00000
d_{12}	0.67500	4.26744	1.54139
d_{20}	1.35767	6.03580	13.51290

[0105]

実施例4

$r_1 = 29.0184$	$d_1 = 0.7437$	$n_{d1} = 1.80400$ $\nu_{d1} = 46.57$
$r_2 = 7.3275$	$d_2 = 1.3049$	
$r_3 = \infty$	$d_3 = 4.0000$	$n_{d2} = 1.80400$ $\nu_{d2} = 46.57$
$r_4 = \infty$ (反射面)	$d_4 = 3.5133$	$n_{d3} = 1.80400$ $\nu_{d3} = 46.57$
$r_5 = \infty$	$d_5 = 0.3000$	
$r_6 = -31.2038$	$d_6 = 0.7673$	$n_{d4} = 1.80400$ $\nu_{d4} = 46.57$
$r_7 = 15.2085$	$d_7 = 1.5760$	
$r_8 = 33.1818$ (非球面)	$d_8 = 1.5628$	$n_{d5} = 1.84666$ $\nu_{d5} = 23.78$
$r_9 = -29.4113$	$d_9 =$ (可変)	
$r_{10} = \infty$ (絞り)	$d_{10} = 0.5000$	
$r_{11} = 20.3172$ (非球面)	$d_{11} = 1.9876$	$n_{d6} = 1.58913$ $\nu_{d6} = 61.26$
$r_{12} = -14.3558$	$d_{12} = 0.1387$	
$r_{13} = 7.0863$	$d_{13} = 2.5021$	$n_{d7} = 1.48749$ $\nu_{d7} = 70.23$
$r_{14} = -521.1337$	$d_{14} = 0.0001$	
$r_{15} = 217.6721$	$d_{15} = 5.9501$	$n_{d8} = 1.84666$ $\nu_{d8} = 23.78$
$r_{16} = 4.5340$	$d_{16} =$ (可変)	
$r_{17} = 10.1062$	$d_{17} = 1.8686$	$n_{d9} = 1.60300$ $\nu_{d9} = 65.44$

$r_{18} = 46.5940$	$d_{18} = (\text{可变})$	
$r_{19} = -22.5387 (\text{非球面})$	$d_{19} = 2.3721$	$n_{d10} = 1.58913 \quad \nu_{d10} = 61.26$
$r_{20} = -5.8538$	$d_{20} = 0.4297$	
$r_{21} = \infty$	$d_{21} = 0.8000$	$n_{d11} = 1.51633 \quad \nu_{d11} = 64.14$
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 0.8000$	$n_{d12} = 1.54771 \quad \nu_{d12} = 62.84$
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 0.5000$	
$r_{24} = \infty$	$d_{24} = 0.5000$	$n_{d13} = 1.51633 \quad \nu_{d13} = 64.14$
$r_{25} = \infty$	$d_{25} = 1.3824$	
$r_{27} = \infty (\text{像面})$		

非球面係数

第8面

$$K = 1.9221$$

$$A_4 = 1.0674 \times 10^{-4}$$

$$A_5 = 7.5509 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -6.9692 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.4582 \times 10^{-4}$$

$$A_5 = 4.2034 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = 1.1204 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.8514 \times 10^{-3}$$

$$A_5 = 6.5803 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -9.0686 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
$f (\text{mm})$	4.65117	7.85007	13.29161
F_{No}	2.5000	3.4944	4.8337
$2\omega (^{\circ})$	68.4	41.7	24.7
d_9	13.35295	7.17214	2.00000
d_{16}	1.22323	4.89168	2.01917
d_{18}	0.94992	3.89804	12.56077

【0106】

実施例5

$r_1 = 15.9959$	$d_1 = 2.0000$	$n_{d1} = 1.84666 \quad \nu_{d1} = 23.78$
$r_2 = 17.9366 (\text{非球面})$	$d_2 = 0.8000$	
$r_3 = 122.3665$	$d_3 = 1.0000$	$n_{d2} = 1.72916 \quad \nu_{d2} = 54.68$
$r_4 = 6.1500$	$d_4 = 1.9000$	
$r_5 = \infty$	$d_5 = 4.1000$	$n_{d3} = 1.56883 \quad \nu_{d3} = 56.36$
$r_6 = \infty (\text{反射面})$	$d_6 = 3.9000$	$n_{d4} = 1.56883 \quad \nu_{d4} = 56.36$
$r_7 = \infty$	$d_7 = (\text{可变})$	
$r_8 = \infty (\text{絞り})$	$d_8 = 0.5928$	
$r_9 = 14.1418 (\text{非球面})$	$d_9 = 3.0000$	$n_{d5} = 1.80610 \quad \nu_{d5} = 40.92$
$r_{10} = -138.1914$	$d_{10} = (\text{可变})$	
$r_{11} = 9.2691$	$d_{11} = 3.2000$	$n_{d6} = 1.48749 \quad \nu_{d6} = 70.23$
$r_{12} = -18.4588$	$d_{12} = 1.0064$	$n_{d7} = 1.84666 \quad \nu_{d7} = 23.78$

$r_{13} =$	7.4386	$d_{13} =$	0.5000		
$r_{14} =$	9.1725	$d_{14} =$	2.4000	$n_{d8} =$	1.80518 $\nu_{d8} = 25.42$
$r_{15} =$	-16.4170	$d_{15} =$	(可变)		
$r_{16} =$	44.6119	$d_{16} =$	0.8000	$n_{d9} =$	1.84666 $\nu_{d9} = 23.78$
$r_{17} =$	8.9511 (非球面)	$d_{17} =$	(可变)		
$r_{18} =$	11.2550	$d_{18} =$	2.6000	$n_{d10} =$	1.58913 $\nu_{d10} = 61.26$
$r_{19} =$	673.2282 (非球面)	$d_{19} =$	(可变)		
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.5000	$n_{d11} =$	1.51633 $\nu_{d11} = 64.14$
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	1.4400	$n_{d12} =$	1.54771 $\nu_{d12} = 62.84$
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.8000		
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	0.8000	$n_{d13} =$	1.51633 $\nu_{d13} = 64.14$
$r_{24} =$	∞	$d_{24} =$	1.0000		
$r_{25} =$	∞ (像面)				

非球面係数

第2面

 $K = 0$ $A_4 = -2.1855 \times 10^{-4}$ $A_6 = 3.4923 \times 10^{-7}$ $A_8 = 0$ $A_{10} = 0$

第9面

 $K = 5.1530$ $A_4 = -2.4340 \times 10^{-4}$ $A_6 = -7.4872 \times 10^{-6}$ $A_8 = 2.0515 \times 10^{-7}$ $A_{10} = -1.0188 \times 10^{-8}$

第17面

 $K = -3.7152$ $A_4 = 1.2209 \times 10^{-3}$ $A_6 = -1.7576 \times 10^{-5}$ $A_8 = 2.5810 \times 10^{-6}$ $A_{10} = -1.2193 \times 10^{-7}$

第19面

 $K = 1.4583$ $A_4 = -1.5578 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.1072 \times 10^{-5}$ $A_8 = 5.6481 \times 10^{-7}$ $A_{10} = -8.6742 \times 10^{-9}$ ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.43000	10.61200	15.80000
F_{No}	2.7116	3.7726	4.5293
2ω (°)	63.5	35.7	24.5
d_7	13.12435	4.47821	0.50000
d_{10}	0.81880	1.71785	0.50000
d_{15}	0.60000	2.00387	4.09707
d_{17}	1.40000	8.20925	11.93740
d_{19}	2.71758	2.25155	1.62627

【0107】

実施例6

$r_1 = 49.3427$	$d_1 = 2.0000$	$n_{d1} = 1.84666$	$\nu_{d1} = 23.78$
$r_2 = -115.4656$	$d_2 = 0.4000$		
$r_3 = -52.5304$ (非球面)	$d_3 = 1.0000$	$n_{d2} = 1.69350$	$\nu_{d2} = 53.21$
$r_4 = 5.8428$	$d_4 = 1.8000$		
$r_5 = \infty$	$d_5 = 4.0000$	$n_{d3} = 1.56883$	$\nu_{d3} = 56.36$
$r_6 = \infty$ (反射面)	$d_6 = 3.8000$	$n_{d4} = 1.56883$	$\nu_{d4} = 56.36$
$r_7 = \infty$	$d_7 =$ (可変)		
$r_8 = \infty$ (絞り)	$d_8 = 0.6000$		
$r_9 = 8.0295$ (非球面)	$d_9 = 2.8000$	$n_{d5} = 1.69350$	$\nu_{d5} = 53.21$
$r_{10} = -5.9145$	$d_{10} = 0.8000$	$n_{d6} = 1.80440$	$\nu_{d6} = 39.59$
$r_{11} = -12.3640$	$d_{11} =$ (可変)		
$r_{12} = 26.8805$	$d_{12} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.84666$	$\nu_{d7} = 23.78$
$r_{13} = 7.1849$ (非球面)	$d_{13} =$ (可変)		
$r_{14} = 10.7803$	$d_{14} = 3.1000$	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{15} = -52.9481$	$d_{15} =$ (可変)		
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 1.5000$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.4400$	$n_{d10} = 1.54771$	$\nu_{d10} = 62.84$
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.8000$		
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.8000$	$n_{d11} = 1.51633$	$\nu_{d11} = 64.14$
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 1.0000$		
$r_{21} = \infty$ (像面)			

非球面係数

第3面

 $K = 0$ $A_4 = 2.6048 \times 10^{-4}$ $A_6 = -3.2365 \times 10^{-6}$ $A_8 = 2.2913 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 0$

第9面

 $K = 0$ $A_4 = -3.0615 \times 10^{-4}$ $A_6 = -2.0330 \times 10^{-6}$ $A_8 = -1.0403 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第13面

 $K = -3.5241$ $A_4 = 1.8328 \times 10^{-3}$ $A_6 = -1.6164 \times 10^{-5}$ $A_8 = 3.5495 \times 10^{-6}$ $A_{10} = -1.2410 \times 10^{-7}$ ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.38001	8.50001	13.45001
F_{No}	3.0358	3.8702	4.5606
2ω (°)	65.8	43.8	28.4
d_7	11.53527	6.15290	0.50000
d_{11}	2.10162	2.49863	3.68430
d_{13}	3.96820	9.09478	10.56416
d_{16}	1.75491	1.61369	4.61155

実施例7

$r_1 = 21.0760$	$d_1 = 1.4000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$
$r_2 = 7.9352$ (非球面)	$d_2 = 2.8000$		
$r_3 = \infty$	$d_3 = 6.5000$	$n_{d2} = 1.56883$	$\nu_{d2} = 56.36$
$r_4 = \infty$ (反射面)	$d_4 = 6.0000$	$n_{d3} = 1.56883$	$\nu_{d3} = 56.36$
$r_5 = \infty$	$d_5 = 0.8000$		
$r_6 = -18.8610$	$d_6 = 0.8000$	$n_{d4} = 1.72916$	$\nu_{d4} = 54.68$
$r_7 = 29.7460$	$d_7 = 0.5273$		
$r_8 = 25.1850$	$d_8 = 1.9000$	$n_{d5} = 1.84666$	$\nu_{d5} = 23.78$
$r_9 = -121.8149$	$d_9 =$ (可変)		
$r_{10} = \infty$ (絞り)	$d_{10} = 0.8000$		
$r_{11} = 11.8772$ (非球面)	$d_{11} = 1.9992$	$n_{d6} = 1.49700$	$\nu_{d6} = 81.54$
$r_{12} = -22.2117$	$d_{12} = 0.3000$		
$r_{13} = 8.0295$	$d_{13} = 1.9997$	$n_{d7} = 1.48749$	$\nu_{d7} = 70.23$
$r_{14} = -16.2855$	$d_{14} = 0.7997$	$n_{d8} = 1.64769$	$\nu_{d8} = 33.79$
$r_{15} = -52.6732$	$d_{15} = 0.3000$		
$r_{16} = 7.3242$	$d_{16} = 1.3308$	$n_{d9} = 1.84666$	$\nu_{d9} = 23.78$
$r_{17} = 4.4772$	$d_{17} = 1.2000$		
$r_{18} = 17.2769$	$d_{18} = 1.1317$	$n_{d10} = 1.80610$	$\nu_{d10} = 40.92$
$r_{19} = 6.2199$	$d_{19} =$ (可変)		
$r_{20} = 9.0812$	$d_{20} = 2.0000$	$n_{d11} = 1.61800$	$\nu_{d11} = 63.33$
$r_{21} = 19.8406$	$d_{21} =$ (可変)		
$r_{22} = -34.2139$ (非球面)	$d_{22} = 2.0000$	$n_{d12} = 1.58313$	$\nu_{d12} = 59.38$
$r_{23} = -9.7728$	$d_{23} = 1.0032$		
$r_{24} = \infty$	$d_{24} = 1.4400$	$n_{d13} = 1.54771$	$\nu_{d13} = 62.84$
$r_{25} = \infty$	$d_{25} = 0.8000$		
$r_{26} = \infty$	$d_{26} = 0.8000$	$n_{d14} = 1.51633$	$\nu_{d14} = 64.14$
$r_{27} = \infty$	$d_{27} = 1.0003$		
$r_{28} = \infty$ (像面)			

非球面係数

第2面

$K = 0$

$A_4 = -9.3483 \times 10^{-5}$

$A_6 = 1.4787 \times 10^{-7}$

$A_8 = -4.5620 \times 10^{-8}$

$A_{10} = 0$

第11面

$K = 0$

$A_4 = -2.6863 \times 10^{-4}$

$A_6 = 1.0879 \times 10^{-7}$

$A_8 = 3.8711 \times 10^{-9}$

$A_{10} = 0$

第22面

$K = 0$

$A_4 = -4.8081 \times 10^{-4}$

$A_6 = 5.9535 \times 10^{-6}$

$A_8 = -1.6767 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

ズームデータ (∞)

WE

ST

TE

f (mm)	5.80000	9.17005	14.49992
F_{N0}	2.6880	3.4974	4.5402
2ω (°)	60.8	40.1	25.4
d_9	14.10553	7.78994	2.48873
d_{19}	1.54225	5.16705	2.56297
d_{21}	2.32790	5.01801	12.92472

【0109】

实施例8

$r_1 =$	16.1825 (非球面)	$d_1 =$	1.4000	$n_{d1} =$	1.80610	$\nu_{d1} =$	40.92
$r_2 =$	7.3872	$d_2 =$	3.5000				
$r_3 =$	∞	$d_3 =$	6.5000	$n_{d2} =$	1.60311	$\nu_{d2} =$	60.64
$r_4 =$	∞ (反射面)	$d_4 =$	6.0000	$n_{d3} =$	1.60311	$\nu_{d3} =$	60.64
$r_5 =$	∞	$d_5 =$	0.7950				
$r_6 =$	-27.1461	$d_6 =$	0.8000	$n_{d4} =$	1.72916	$\nu_{d4} =$	54.68
$r_7 =$	20.2982	$d_7 =$	0.5273				
$r_8 =$	17.2255	$d_8 =$	1.9000	$n_{d5} =$	1.84666	$\nu_{d5} =$	23.78
$r_9 =$	90.2451	$d_9 =$	(可变)				
$r_{10} =$	∞ (絞り)	$d_{10} =$	0.8000				
$r_{11} =$	17.0416 (非球面)	$d_{11} =$	1.9965	$n_{d6} =$	1.56384	$\nu_{d6} =$	60.67
$r_{12} =$	-13.7245	$d_{12} =$	0.5000				
$r_{13} =$	5.5039	$d_{13} =$	3.7857	$n_{d7} =$	1.48749	$\nu_{d7} =$	70.23
$r_{14} =$	-38.8943	$d_{14} =$	0.8000	$n_{d8} =$	1.69895	$\nu_{d8} =$	30.13
$r_{15} =$	4.2611	$d_{15} =$	(可变)				
$r_{16} =$	16.8715	$d_{16} =$	2.0000	$n_{d9} =$	1.48749	$\nu_{d9} =$	70.23
$r_{17} =$	96.4706	$d_{17} =$	(可变)				
$r_{18} =$	-60.1937	$d_{18} =$	2.0000	$n_{d10} =$	1.56384	$\nu_{d10} =$	60.67
$r_{19} =$	-11.5463 (非球面)	$d_{19} =$	1.0039				
$r_{20} =$	∞	$d_{20} =$	1.4400	$n_{d11} =$	1.54771	$\nu_{d11} =$	62.84
$r_{21} =$	∞	$d_{21} =$	0.8000				
$r_{22} =$	∞	$d_{22} =$	0.8000	$n_{d12} =$	1.51633	$\nu_{d12} =$	64.14
$r_{23} =$	∞	$d_{23} =$	1.0021				
$r_{24} =$	∞ (像面)						

非球面係数

第1面

$$K = 0$$

$$A_4 = 5.1308 \times 10^{-5}$$

$$A_5 = 2.3428 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -3.7916 \times 10^{-9}$$

$$A_{10} = 7.2819 \times 10^{-11}$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.6960 \times 10^{-4}$$

$$A_5 = -1.0587 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 5.6885 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = -2.0816 \times 10^{-10}$$

第19面

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.9238 \times 10^{-4}$$

$$A_5 = -1.4179 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 6.7945 \times 10^{-7}$$

$A_{10} = -1.6439 \times 10^{-8}$
 ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.80001	9.17026	14.49938
F_{N0}	2.6926	3.5230	4.5194
$2\omega (^{\circ})$	61.1	40.1	25.7
d_9	14.09978	8.00554	2.48873
d_{15}	2.47558	7.50212	3.24411
d_{17}	3.07729	4.13993	13.92316

【0110】

実施例9

$r_1 = 21.2658$	$d_1 = 1.0000$	$n_{d1} = 1.74100$	$\nu_{d1} = 52.64$
$r_2 = 8.6245$	$d_2 = 3.3711$		
$r_3 = \infty$	$d_3 = 5.8400$	$n_{d2} = 1.80400$	$\nu_{d2} = 46.57$
$r_4 = \infty$ (反射面)	$d_4 = 5.4952$	$n_{d3} = 1.80400$	$\nu_{d3} = 46.57$
$r_5 = \infty$	$d_5 = 0.3221$		
$r_6 = 300.0000$	$d_6 = 1.0000$	$n_{d4} = 1.74320$	$\nu_{d4} = 49.34$
$r_7 = 15.3314$ (非球面)	$d_7 = 0.5979$		
$r_8 = 15.8974$	$d_8 = 1.4903$	$n_{d5} = 1.84666$	$\nu_{d5} = 23.78$
$r_9 = 43.0822$	$d_9 =$ (可変)		
$r_{10} = \infty$ (絞り)	$d_{10} = 0.6000$		
$r_{11} = 63.9771$	$d_{11} = 1.3913$	$n_{d6} = 1.61800$	$\nu_{d6} = 63.33$
$r_{12} = -23.2380$	$d_{12} =$ (可変)		
$r_{13} = 7.9674$ (非球面)	$d_{13} = 2.3478$	$n_{d7} = 1.48749$	$\nu_{d7} = 70.23$
$r_{14} = -68.3182$	$d_{14} = 0.1000$		
$r_{15} = 24.3652$	$d_{15} = 3.3012$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$
$r_{16} = 7.7880$	$d_{16} = 0.2484$		
$r_{17} = 9.2912$	$d_{17} = 2.1349$	$n_{d9} = 1.72916$	$\nu_{d9} = 54.68$
$r_{18} = -19.4929$	$d_{18} = 0.7000$	$n_{d10} = 1.53172$	$\nu_{d10} = 48.84$
$r_{19} = 5.2999$	$d_{19} =$ (可変)		
$r_{20} = -22.5496$ (非球面)	$d_{20} = 2.5068$	$n_{d11} = 1.58913$	$\nu_{d11} = 61.14$
$r_{21} = -6.5395$	$d_{21} = 1.0000$		
$r_{22} = \infty$	$d_{22} = 1.5000$	$n_{d12} = 1.51633$	$\nu_{d12} = 64.14$
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 1.4400$	$n_{d13} = 1.54771$	$\nu_{d13} = 62.84$
$r_{24} = \infty$	$d_{24} = 0.8000$		
$r_{25} = \infty$	$d_{25} = 0.8000$	$n_{d14} = 1.51633$	$\nu_{d14} = 64.14$
$r_{26} = \infty$	$d_{26} = 1.0894$		
$r_{27} = \infty$ (像面)			

非球面係数

第7面

K = 0

 $A_4 = -6.9423 \times 10^{-5}$ $A_6 = 1.9216 \times 10^{-7}$ $A_8 = -2.3395 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 0$

第13面

K = 0

 $A_4 = -2.1881 \times 10^{-4}$ $A_6 = -2.0288 \times 10^{-6}$ $A_8 = 7.6472 \times 10^{-10}$

$$A_{10} = 0$$

第20面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.0095 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.4022 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -1.7165 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.52179	7.96811	15.98093
F_{N0}	2.4770	2.9873	4.5000
2ω (°)	64.5	44.7	22.7
d_9	17.73448	10.81643	2.00000
d_{12}	1.20000	3.80000	3.50000
d_{19}	2.60300	5.58623	15.86209

[0111]

実施例10

$r_1 = 24.8917$	$d_1 = 1.0000$	$n_{d1} = 1.74100$	$\nu_{d1} = 52.64$
$r_2 = 8.0792$	$d_2 = 2.3760$		
$r_3 = \infty$	$d_3 = 5.2400$	$n_{d2} = 1.80400$	$\nu_{d2} = 46.57$
$r_4 = \infty$ (反射面)	$d_4 = 5.0006$	$n_{d3} = 1.80400$	$\nu_{d3} = 46.57$
$r_5 = \infty$	$d_5 = 0.2922$		
$r_6 = 300.0000$	$d_6 = 1.0000$	$n_{d4} = 1.74320$	$\nu_{d4} = 49.34$
$r_7 = 14.5213$ (非球面)	$d_7 = 0.1000$		
$r_8 = 14.5896$	$d_8 = 1.7517$	$n_{d5} = 1.84666$	$\nu_{d5} = 23.78$
$r_9 = 64.9869$	$d_9 =$ (可変)		
$r_{10} = \infty$ (絞り)	$d_{10} = 0.6000$		
$r_{11} = 33.4595$	$d_{11} = 1.8985$	$n_{d6} = 1.61800$	$\nu_{d6} = 63.33$
$r_{12} = -11.1499$	$d_{12} = 0.7000$	$n_{d7} = 1.80518$	$\nu_{d7} = 25.42$
$r_{13} = -20.0542$	$d_{13} =$ (可変)		
$r_{14} = 10.2987$ (非球面)	$d_{14} = 2.0299$	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$
$r_{15} = 18890.0000$	$d_{15} = 0.1000$		
$r_{16} = 19.8062$	$d_{16} = 4.5045$	$n_{d9} = 1.84666$	$\nu_{d9} = 23.78$
$r_{17} = 9.7836$	$d_{17} = 0.2000$		
$r_{18} = 11.2175$	$d_{18} = 1.7598$	$n_{d10} = 1.72916$	$\nu_{d10} = 54.68$
$r_{19} = -51.5183$	$d_{19} = 0.7000$	$n_{d11} = 1.53172$	$\nu_{d11} = 48.84$
$r_{20} = 5.5430$	$d_{20} =$ (可変)		
$r_{21} = -23.0137$ (非球面)	$d_{21} = 1.9685$	$n_{d12} = 1.58913$	$\nu_{d12} = 61.14$
$r_{22} = -7.0933$	$d_{22} = 1.0000$		
$r_{23} = \infty$	$d_{23} = 1.5000$	$n_{d13} = 1.51633$	$\nu_{d13} = 64.14$
$r_{24} = \infty$	$d_{24} = 1.4400$	$n_{d14} = 1.54771$	$\nu_{d14} = 62.84$
$r_{25} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$		
$r_{26} = \infty$	$d_{16} = 0.8000$	$n_{d15} = 1.51633$	$\nu_{d15} = 64.14$
$r_{27} = \infty$	$d_{17} = 1.0106$		
$r_{28} = \infty$ (像面)			

非球面係数

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = -8.0580 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 7.6927 \times 10^{-7}$$

$$A_8 = -2.7173 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第14面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.1033 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.4285 \times 10^{-8}$$

$$A_8 = -1.8629 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第21面

$$K = 0$$

$$A_4 = -8.5891 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.0215 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.2143 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.86879	9.99877	17.39648
F _{No}	2.4340	3.2140	4.5000
2ω (°)	61.4	35.8	21.0
d ₉	17.88781	8.41716	2.00000
d ₁₃	1.20000	6.81663	3.50000
d ₂₀	3.14136	7.01231	16.74709

【0112】

実施例11

r ₁ = 41.9739	d ₁ = 1.2000	n _{d1} = 1.77250	ν _{d1} = 49.60
r ₂ = 11.1642	d ₂ = 2.9000		
r ₃ = ∞	d ₃ = 6.5000	n _{d2} = 1.78590	ν _{d2} = 44.20
r ₄ = ∞ (反射面)	d ₄ = 6.0000	n _{d3} = 1.78590	ν _{d3} = 44.20
r ₅ = ∞	d ₅ = 0.3971		
r ₆ = 28.0000	d ₆ = 1.2000	n _{d4} = 1.74330	ν _{d4} = 49.33
r ₇ = 11.3578 (非球面)	d ₇ = 0.3457		
r ₈ = 9.4845	d ₈ = 1.7925	n _{d5} = 1.84666	ν _{d5} = 23.78
r ₉ = 14.2959	d ₉ = (可変)		
r ₁₀ = ∞ (絞り)	d ₁₀ = 1.0000		
r ₁₁ = 47.8757	d ₁₁ = 1.9600	n _{d6} = 1.72916	ν _{d6} = 54.68
r ₁₂ = -9.0806	d ₁₂ = 0.7000	n _{d7} = 1.72825	ν _{d7} = 28.46
r ₁₃ = -25.4395	d ₁₃ = (可変)		
r ₁₄ = 9.1761 (非球面)	d ₁₄ = 1.9500	n _{d8} = 1.74330	ν _{d8} = 49.33
r ₁₅ = 75.3616	d ₁₅ = 0.8461		
r ₁₆ = 24.3002	d ₁₆ = 3.8969	n _{d9} = 1.74330	ν _{d9} = 49.33
r ₁₇ = ∞	d ₁₇ = 1.0000	n _{d10} = 1.72825	ν _{d10} = 28.46
r ₁₈ = 4.8249	d ₁₈ = (可変)		
r ₁₉ = 49.5382	d ₁₉ = 2.7500	n _{d11} = 1.69350	ν _{d11} = 53.20
r ₂₀ = -10.0407 (非球面)	d ₂₀ = 0.8269		
r ₂₁ = ∞	d ₂₁ = 1.4400	n _{d12} = 1.54771	ν _{d12} = 62.84
r ₂₂ = ∞	d ₂₂ = 0.8000		
r ₂₃ = ∞	d ₂₃ = 0.8000	n _{d13} = 1.51633	ν _{d13} = 64.14
r ₂₄ = ∞	d ₂₄ = 1.0447		
r ₂₅ = ∞ (像面)			

非球面係数

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.2504 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 2.6875 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.2962 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 2.8718 \times 10^{-9}$$

第14面

$$K = 0$$

$$A_4 = -9.8664 \times 10^{-5}$$

$$A_6 = 4.0400 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.4986 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 1.3851 \times 10^{-8}$$

第20面

$$K = 0$$

$$A_4 = 5.3089 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.6198 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 4.4581 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = -4.9080 \times 10^{-9}$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	6.02622	9.31725	14.28897
F_{N0}	2.7652	3.4888	4.5271
2ω (°)	62.4	42.8	28.7
d_9	14.24100	6.97804	2.00694
d_{13}	2.10000	6.51339	5.34809
d_{18}	2.46549	5.31403	11.45279

【0113】

実施例12

$r_1 = -14.2761$ (非球面)	$d_1 = 5.1000$	$n_{d1} = 1.50913$	$\nu_{d1} = 56.20$
$r_2 = \infty$ (反射面)	$d_2 = 5.7941$	$n_{d2} = 1.50913$	$\nu_{d2} = 56.20$
$r_3 = \infty$	$d_3 = 2.1000$		
$r_4 = -6.4892$	$d_4 = 0.8000$	$n_{d3} = 1.64000$	$\nu_{d3} = 60.07$
$r_5 = -84.1654$	$d_5 = 1.1935$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$
$r_6 = -16.8306$	$d_6 =$ (可変)		
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 0.4000$		
$r_8 = 34.9225$ (非球面)	$d_8 = 1.4006$	$n_{d5} = 1.74330$	$\nu_{d5} = 49.33$
$r_9 = -15.2934$	$d_9 = 0.1500$		
$r_{10} = 6.1210$	$d_{10} = 3.3481$	$n_{d6} = 1.61800$	$\nu_{d6} = 63.33$
$r_{11} = 27.4556$	$d_{11} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.84666$	$\nu_{d7} = 23.78$
$r_{12} = 4.9467$	$d_{12} =$ (可変)		
$r_{13} = 13.6380$	$d_{13} = 1.4415$	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$
$r_{14} = -143.7586$	$d_{14} =$ (可変)		
$r_{15} = -19.5436$	$d_{15} = 1.3641$	$n_{d9} = 1.58913$	$\nu_{d9} = 61.25$
$r_{16} = -7.1346$ (非球面)	$d_{16} = 0.8000$		
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.0500$	$n_{d10} = 1.54771$	$\nu_{d10} = 62.84$
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.8000$		
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.8000$	$n_{d11} = 1.51633$	$\nu_{d11} = 64.14$
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 0.9669$		
$r_{21} = \infty$ (像面)			

非球面係数

第1面

$K = 0$

$A_4 = 3.2165 \times 10^{-4}$

$A_6 = -9.1756 \times 10^{-7}$

$A_8 = 4.1788 \times 10^{-9}$

$A_{10} = 0.0000$

第8面

$K = 0$

$A_4 = -1.2083 \times 10^{-4}$

$A_6 = 1.1516 \times 10^{-7}$

$A_8 = -2.9381 \times 10^{-8}$

$A_{10} = 0.0000$

第16面

$K = 0$

$A_4 = 1.3137 \times 10^{-3}$

$A_6 = -2.0878 \times 10^{-5}$

$A_8 = 4.9397 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0.0000$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	5.02898	8.69474	14.52092
F_{NO}	2.6544	3.5217	4.5079
2ω (°)	64.8	38.2	22.6
d_6	14.61860	7.39251	1.80000
d_{12}	3.75585	8.20107	4.39975
d_{14}	3.16733	5.96897	15.38987

【0114】以上の実施例1、12の無限遠物点合焦時の収差図をそれぞれ図13、図14に示す。これらの収差図において、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端における球面収差SA、非点収差AS、歪曲収差DT、倍率色収差CCを示す。

【0115】次に、上記各実施例における条件(a)～(f)に係わる L 、 d/L 、 D_{FI}/f_I 、 M_3/M_2 、 f_{11}/f_{12} 、 β_{Rt} 、 a 、 t_{LPF} の値を示す。

【0116】

実施例	L	d/L	D_{FI}/f_I	M_3/M_2	f_{11}/f_{12}
1	5.6	0.72088	0.78471	1.19347	-0.12343
2	6.0	0.79009	0.76004	0.53348	-0.32094
3	5.6	0.71748	0.11496	0.93206	0.36284
4	6.0	0.69413	0.15191	0.92989	0.20195
5	6.64	0.76797	0.25931	第3群は負	0
6	6.64	0.74877	0.27393	第3群は負	0
7	6.64	1.19996	0.17676	0.91213	0.37232
8	6.64	1.17430	0.22374	0.93381	0.39484
9	6.64	0.94629	0.21901	0.85382	0.22917
10	6.64	0.85491	0.20119	0.85523	0.05553
11	6.64	0.94867	0.37452	0.73366	0.09671
12	6.0	1.20313	0.30301	0.95350	1.26698

【0117】

実施例	β_{Rt}	a	t_{LPF}
1	-1.6884	3.0	1.80
2	-1.19598	3.0	1.80
3	-1.49396	3.0	1.80

4	-1.26884	3.0	0.80
5	-1.51672	3.0	1.55
6	-1.38530	3.0	1.44
7	-1.26560	3.0	1.44
8	-1.30121	3.0	1.44
9	-1.05735	3.0	1.44
10	-1.14882	3.0	1.44
11	-0.86588	3.0	1.44
11	-1.36309	2.5	1.20

【0118】次に、本発明の光路折り曲げズーム光学系の沈胴方式の例について説明する。図15は、具体的に図9の光路折り曲げズーム光学系（実施例9）に適用した例であり、図15（b）は実施例9の光路折り曲げズーム光学系が広角端にある状態（図9（c））の光路折り曲げ光軸を含む断面図であり、この状態において、第1-2群G1-2と第2群G2の間の空間に、第2群G2の2枚のレンズと第1-1群G1-1の光路折り曲げプリズムPを退避させ、空いた空間に第1-1群G1-1の光路折り曲げプリズムPより前の負メニスカスレンズL1を沈胴させて、この光路折り曲げズーム光学系に入射する光軸方向（カメラの奥行き方向）の厚さを薄くしている。なお、第2群G2より像面I側に空間がある場合には、光路折り曲げプリズムPと第1-2群G1-2だけでなく、第2群G2等を含めて像面I側に退避させるようにしてもよい。

【0119】図16は、光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーMで構成した場合の1つの沈胴方式の概念図であり、ミラーMを破線の位置に倒し、かつ、そのミラーMよりも像面I側のレンズL2、L3も破線の位置に倒して、この光路折り曲げズーム光学系に入射する光軸方向（カメラの奥行き方向）の厚さを薄くするようにしている。

【0120】図17は、光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーMで構成した場合の別の沈胴方式の概念図であり、ミラーMを破線の位置に倒し、空いた空間にそのミラーMよりも物体側のレンズ群LGを沈胴させて、同様に厚さを薄くしている。なお、ミラーMを倒すのではなく、図15のように、折り曲げ後の光軸に沿って退避させるようにしてもよい。

【0121】図18は、光路折り曲げ用の反射光学素子を液体プリズムあるいは変形可能なプリズムLPで構成し（図18（a））、収納時に液体を抜く等して図18（b）のようにつぶして薄くすることもでき、その空いた空間にプリズムLPよりも物体側のレンズ群を沈胴させるなり（図17）、他のレンズを倒すなり（図16）して同様に厚さを薄くすることもできる。

【0122】また、本発明の光路折り曲げズーム光学系において、光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成することもできる。形状可変ミラーは、変形可能なフィルムに反射ミラーコーティングを施した反射

ミラーであり、折り畳みあるいは巻き取りによって退避させることが可能である。

【0123】また、光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合に、形状可変ミラーを変形させて合焦させるようにすることも可能である。図19にその概念図を示す。近距離の物体に対しての合焦は、無限遠合焦時に平面の形状可変ミラーDMの反射面を図示の矢印で示したように凹面に変えることにより、形状可変ミラーDMの面形状のみの変更で行っている。近距離合焦の際に、形状可変ミラーDMの面形状を反射面の有効面内で非球面形状とする。特に、反射面にパワーを持たせた場合、回転対称な反射面形状であると、その反射面に偏心して入射することによる偏心収差が発生する。そのため、形状可変ミラーDMの面形状を回転非対称な曲面とすることが望ましい。

【0124】また、偏心により軸外において回転非対称な歪曲収差等が発生する。偏心により発生する面対称な偏心収差を補正するために、形状可変ミラーDMの面形状を、図20に示すように、形状可変ミラーDMの反射面に入射し反射する光軸を含む平面を唯一の対称面とした面対称な曲面に変形することが望ましい。

【0125】図19の構成の場合、形状可変ミラーDMは無限遠合焦時に平面であるが、近距離物点への合焦時には、図20に示すように、対称面を1面のみとする回転非対称非球面に変形することで、近距離合焦時における偏心収差を補正することができる。このような構成により、電子撮像装置全体の小型化と性能の維持が達成される。

【0126】図21は、形状可変ミラーDMの反射面を矢印方向にチルトすることにより手ブレ補正を行った例である。図19の状態では手ブレを起こしていない場合であり、図21は形状可変ミラーDMの反射面をチルトする手ブレ補正機能が働いた状態である。撮影方向に対して撮像装置が図21のように下を向いた際には、図に示すように、形状可変ミラーDMの反射面の傾きを破線から実線位置へ変えることで、入射光軸が傾かないようになっている。その際に収差の変動を抑えるように、形状可変ミラーDMの面形状全体も変更することが望ましい。

【0127】なお、本発明の光路折り曲げ用の反射光学素子の反射面にパワーを持たせ、その面形状を自由曲面

等で構成してもよい。あるいは、反射光学素子の反射面をホログフィック光学素子 (HOE) で構成してもよい。

【0128】また、その反射光学素子を実施例1～12のように光路折り曲げプリズムPで構成する場合に、その光路折り曲げプリズムPの前後に配置されるレンズとプリズムPを接合するように構成してもよい。

【0129】ところで、本発明の光路折り曲げズーム光学系を用いてデジタルカメラのような電子撮像装置を構成する場合に、光路折り曲げズーム光学系とCCDのような電子撮像素子との間に、光路分割素子を配置して撮影光路をファインダー光路に分割するようにしてもよい。その例を図22に示す。図22は、デジタルカメラ40の正面図であり、この場合の光路折り曲げズーム光学系は90°光路を折り曲げる反射光学素子M1とその像面側に配置されているレンズ群LAとからなり、像面に撮像素子のCCD49が配置されている。そして、レンズ群LAとCCD49の間にハーフミラーのような光路分割素子M2が配置されており、反射光学素子M1での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側(図では上側)に光路が分割される。もちろん、光路分割素子M2はファインダー光路に光束を導くときのみ挿入される反射面であってもよい。光路分割素子M2で反射された光路は、別の反射面M3により、光路分割素子M2での

反射前後の光軸を含む平面内で90°折り曲げられ、さらに第4の反射面M4により90°折り曲げられ、光軸が反射光学素子M1に入射する光軸と略平行に射出するようになっている。図22では、接眼光学系は図示されていないが、第4の反射面M4の射出側あるいはその反射面M4を含んだ前後に接眼光学系が配置され、第4の反射面M4の射出側に位置する観察者の眼球によって被写体の観察像が観察される。

【0130】ところで、実施例1～12のローパスフィルターLFは何れも3枚重ねて構成している。もちろん、上述の実施例は、例えばローパスフィルターLFを1枚で構成する等、前記した構成の範囲内で種々変更可能である。

【0131】以上の各実施例において、最終レンズ群の像側には、図示のように、近赤外カットフィルターIF又は近赤外カットコート面ICを入射面側に施したローパスフィルターLFを有している。この近赤外カットフィルターIF、近赤外カットコート面ICは、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が10%以下となるように構成されている。具体的には、例えば次のような27層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は780nmである。

【0132】

基 板	材 質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda/4$
第1層	Al_2O_3	58.96	0.50
第2層	TiO_2	84.19	1.00
第3層	SiO_2	134.14	1.00
第4層	TiO_2	84.19	1.00
第5層	SiO_2	134.14	1.00
第6層	TiO_2	84.19	1.00
第7層	SiO_2	134.14	1.00
第8層	TiO_2	84.19	1.00
第9層	SiO_2	134.14	1.00
第10層	TiO_2	84.19	1.00
第11層	SiO_2	134.14	1.00
第12層	TiO_2	84.19	1.00
第13層	SiO_2	134.14	1.00
第14層	TiO_2	84.19	1.00
第15層	SiO_2	178.41	1.33
第16層	TiO_2	101.03	1.21
第17層	SiO_2	167.67	1.25
第18層	TiO_2	96.82	1.15
第19層	SiO_2	147.55	1.05
第20層	TiO_2	84.19	1.00
第21層	SiO_2	160.97	1.20
第22層	TiO_2	84.19	1.00
第23層	SiO_2	154.26	1.15
第24層	TiO_2	95.13	1.13

第25層	SiO ₂	160.97	1.20
第26層	TiO ₂	99.34	1.18
第27層	SiO ₂	87.19	0.65

空 気

【0133】上記の近赤外シャープカットコートの透過率特性は図23に示す通りである。

【0134】また、ローパスフィルターLFの射出面側には、図24に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0135】具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0136】それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0137】上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い単波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0138】このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0139】上記各実施例では、図24に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。

【0140】前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmの透過率99%をピークとして、400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を80%、600nmにおける透過率を82%、700nmにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0141】また、ローパスフィルターLFは、像面上投影時の方位角度が水平(=0°)と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用しており、それぞれについて、水平にaμm、±45°方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行っている。ここで、SQRTは前記のようにスクエアルートであり平方根を意味する。

【0142】また、CCDの撮像面I上には、図25に

示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン

(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0143】補色モザイクフィルターは、具体的には、図25に示すように少なくとも4種類の色フィルターから相成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0144】グリーンの色フィルターGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、イエローの色フィルターYは波長 Y_p に分光強度のピークを有し、シアンの色フィルターCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルターMは波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、以下の条件を満足する。

【0145】 $510\text{nm} < G_p < 540\text{nm}$

$5\text{nm} < Y_p - G_p < 35\text{nm}$

$-100\text{nm} < C_p - G_p < -5\text{nm}$

$430\text{nm} < M_{p1} < 480\text{nm}$

$580\text{nm} < M_{p2} < 640\text{nm}$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長530nmでは80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530nmでは10%から50%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0146】上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図26に示す。グリーンの色フィルターGは525nmに分光強度のピークを有している。イエローの色フィルターYは555nmに分光強度のピークを有している。シアンの色フィルターCは510nmに分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルターMは445nmと620nmにピークを有している。また、530nmにおける各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは99%、Yは95%、Cは97%、Mは38%としている。

【0147】このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー(若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー)で、電氣的に次のような信号処理を行い、

輝度信号

$Y = |G + M + Y_r + C| \times 1/4$

色信号

$$R-Y=|(M+Y_0)-(G+C)|$$

$$B-Y=|(M+C)-(G+Y_0)|$$

の信号処理を経てR(赤)、G(緑)、B(青)の信号に変換される。

【0148】ところで、上記した近赤外シャープカットフィルターの配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルターLFの枚数も前記した通り2枚でも1枚でも構わない。

【0149】また、各実施例の明るさ絞りの部分についての詳細を図27示す。ただし、この図は4群構成の場合であり、第1群G1(第1-1群G1-1+第1-2群G1-2)における光路折り曲げプリズムPは省いて図示してある。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10を配置している。ターレット10には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の空間からなる開口1A(波長550nmに対する透過率は100%)と、-1段補正するために開口1Aの開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板(波長550nmに対する透過率は99%)からなる開口1Bと、開口1Bと同じ面積の円形開口部を有し、-2段、-3段、-4段に補正するため、各々波長550nmに対する透過率が50%、25%、13%のNDフィルターが設けられた開口部1C、1D、1Eとを有している。

【0150】そして、ターレット10の回転軸11の周りの回転により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0151】また、実効Fナンバー $F_{no.}$ が $F_{no.}' > a/0.4\mu m$ となるとときに、開口内に波長550nmに対する透過率が80%未満のNDフィルターが配される構成としている。具体的には、実施例1では、望遠端の実効F値が上記式を満たすのは、絞り開放時(0段)に対して-2段とした実行F値が9.0となるとときであり、そのときに対応する開口は1Cとなる。それにより、絞りの回折現象による像の劣化を抑えている。

【0152】また、図27に示すターレット10に代えて、図28(a)に示すターレット10'を用いた例を示す。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の明るさ絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10'を配置している。ターレット10'には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の開口1A'と、-1段補正するために開口1A'の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の開口1B'と、さらに開口面積が順に小さくなり、-2段、-3段、-4段に補正するための形状が固定の開口部1C'、1D'、1E'とを有している。そして、ターレット10'の回転軸11'の周りの回転により何れかの開口を絞

り位置に配することで光量調節を行っている。

【0153】また、これら複数の開口の中の内1A'から1D'にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを配している。そして、図28(b)に示すように、開口径が小さくなる程光学フィルターの空間周波数特性を高く設定しており、それにより絞り込むことによる回折現象による像の劣化を抑えている。なお、図28(b)の各曲線は、ローパスフィルターのみの空間周波数特性を示すものであり、各絞りの回折も含めた特性は何れも等しくなるように設定しているものである。

【0154】さて、以上のような本発明の電子撮像装置は、ズームレンズ等の結像光学系で物体像を形成しその像をCCDや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0155】図29～図31は、本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図を示す。図29はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図30は同後方斜視図、図31はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例2の光路折り曲げズーム光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットフィルターIFと光学的ローパスフィルターLFを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピー(登録商標)ディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書きを行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0156】さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるボロプリズム55の視野枠57上に形成される。このボロプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側

にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0157】このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。

【0158】なお、図31の例では、カバー部材50として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0159】次に、本発明の結像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンが図32～図34に示される。図32はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図33はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図34は図32の状態の側面図である。図32～図34に示されるように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってよい。

【0160】この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による光路折り曲げズーム光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0161】ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターLFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0162】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される。図32には、その一例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0163】次に、本発明の結像光学系が撮影光学系と

して内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図35に示される。図35(a)は携帯電話400の正面図、図35(b)は側面図、図35(c)は撮影光学系405の断面図である。図35(a)～(c)に示されるように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル403と、操作者自身や通話相手等の撮像素子と電話番号等の情報を表示するモニター404と、撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明による光路折り曲げズーム光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0164】ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターLFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0165】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0166】以上の本発明の電子撮像装置は例えば次のように構成することができる。

【0167】〔1〕 広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0168】〔2〕 最も物体側のレンズから前記変倍時に可動な全ての群の中最も物体側の面の直前までの部分系の合成焦点距離が負である上記1記載の電子撮像装置。

【0169】〔3〕 物体側より順に、負レンズ群と光

路折り曲げのための反射光学素子とにて構成された第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側にのみ移動する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0170】〔4〕 物体側より順に、入射面、射出面の少なくとも一方が凹面である光路折り曲げのための反射光学素子であるプリズムを含む第1-1群、正レンズを1枚含む第1-2群、正の屈折力を有する第2群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群が物体側へ単調に移動するような光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0171】〔5〕 前記第2群の像側に正の屈折力を有する第3群を含み、広角端から望遠端に変倍する際は前記第2群と第3群が相対的間隔を変えながら移動することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0172】〔6〕 沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記反射光学素子よりも物体側にある負レンズ群を収納することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0173】〔7〕 物体側より順に、負の第1レンズ群、光路折り曲げのための反射光学素子、正の第2レンズ群を有し、沈胴時に前記反射光学素子を退避し、その空間に前記第1レンズ群を収納する光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0174】〔8〕 前記第1レンズ群の収納時、前記第2レンズ群が撮影時の最も像面から離れた位置よりも像側に退避することを特徴とする上記7記載の電子撮像装置。

【0175】〔9〕 前記反射光学素子を薄板に反射ミラーコーティングを施した反射ミラーで構成し、前記収納時、前記反射ミラーを反射面が折り曲げ前の光軸と垂直な方向にチルトすることを特徴とする上記6又は7記載の電子撮像装置。

【0176】〔10〕 前記反射光学素子が像面方向に退避することを特徴とする上記8記載の電子撮像装置。

【0177】〔11〕 反射光学素子を含む撮影光学系と電子撮像素子との間に、前記反射光学素子での反射前後の光軸を含む平面に対し略垂直の側にも光路を分割する第2の反射面を設け、その反射側に沿って前記第2の反射面の法線に対し略直角である法線を有し、かつ、前記第2の反射面の光軸を含む入射平面と略同一の入射平面を有する第3の反射面を設け、さらに、反射後の光路が前記撮影光学系の入射側の光軸と略平行に射出するように第4の反射面を設けたことを特徴とする電子撮像装置。

【0178】〔12〕 前記反射光学素子の反射面の直

前の屈折面から反射面の直後の屈折面までの光軸上の空気換算長 d が以下の条件(a)を満足することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0179】(a) $0.5 < d/L < 1.6$

ただし、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0180】〔13〕 前記反射面により光路を折り曲げる方向の画角が $25^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合は以下の条件(a-1)を満足し、前記画角が $19^\circ \pm 3^\circ$ の範囲内の場合は以下の条件(a-2)を満足することを特徴とする上記12記載の電子撮像装置。

【0181】(a-1) $0.8 < d/L < 1.4$

(a-2) $0.5 < d/L < 1.0$

〔14〕 前記反射光学素子を、平面部を有するプリズムの平面部に平凹レンズが接合した接合プリズムで構成したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0182】〔15〕 最も物体側に正レンズを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0183】〔16〕 前記ズーム光学系の最も像面側に非球面を有する単レンズにて構成した最終群を有することを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0184】〔17〕 前記最終群は固定であることを特徴とする上記16記載の電子撮像装置。

【0185】〔18〕 前記ズーム光学系の最も像面側に最終群を配し、前記最終群を除く前記第2群以降の群でフォーカシングを行うことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0186】〔19〕 前記ズーム光学系の最も像面側に最終群を配し、前記最終群から物体側に2番目の群でフォーカシングを行うことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0187】〔20〕 前記最終群から物体側に2番目の群と3番目の群の望遠端での無限遠物点合焦時の光軸上空気間隔 D_{F1} が以下の条件式を満足することを特徴とする上記19記載の電子撮像装置。

【0188】(b) $0.1 < D_{F1}/f_1 < 1.5$

ただし、 f_1 は望遠端での無限遠物点合焦時の全系焦点距離である。

【0189】〔21〕 無限遠合焦時に広角端から望遠端に変倍する際の前記第2群、前記第3群のそれぞれの移動量 M_2 、 M_3 の比が以下の条件(c)を満足することを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0190】(c) $0.5 < M_3/M_2 < 2.0$

〔22〕 前記第1-2群を含みそれよりも物体側の群全体は変倍時、フォーカシング時共に固定であることを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0191】〔23〕 前記第1-2群は、物体側から

順に、負レンズ、正レンズの2枚若しくは正レンズ1枚から構成したことを特徴とする上記3、4、5の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0192】〔24〕 前記第1-1群における光路を折り曲げるための前記反射光学素子より物体側の負レンズ群は、物体側に凸の負レンズ1枚のみであることを特徴とする上記3記載の電子撮像装置。

【0193】〔25〕 前記第1-1群と前記第1-2群のパワー比が以下の条件(d)を満足することを特徴とする上記3又は4記載の電子撮像装置。

【0194】

$$(d) \quad -0.8 < f_{11}/f_{12} < 0.9$$

ただし、 f_{11} は第1-1群の焦点距離、 f_{12} は第1-2群の焦点距離である。

【0195】〔26〕 前記第2群又は前記第3群の何れか一方が単レンズであることを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0196】〔27〕 前記第2群又は前記第3群の何れか一方が単レンズで構成され、他方の群が少なくとも凹レンズを含むことを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0197】〔28〕 前記第2群と前記第3群は変倍時に相対的間隔を変えながら同一方向に移動することを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

【0198】〔29〕 望遠端において以下の条件(e)を満足することを特徴とする上記5記載の電子撮像装置。

$$【0199】(e) \quad 0.7 < -\beta_{Rt} < 2.1$$

ただし、 β_{Rt} は第2群以降の望遠端における合成倍率(無限遠物点)である。

【0200】〔30〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に、600nmでの透過率が80%以上、700nmでの透過率が10%以下の近赤外シャープカットコートを用いたフィルターを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0201】〔31〕 前記電子撮像素子が補色モザイクフィルターを有することを特徴とする上記30記載の電子撮像装置。

【0202】〔32〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に総厚 t_{LPF} (mm)が以下の条件(f)を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0203】

$$(f) \quad 0.15a < t_{LPF} < 0.45a$$

ただし、aは電子撮像素子の水平画素ピッチ(単位 μm)であり、aは $5\mu m$ 以下である。

【0204】〔33〕 前記ズーム光学系後方にある電子撮像素子よりも物体側に総厚 t_{LPF} (mm)が以下の

条件(f')を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0205】

$$(f') \quad 0.13a < t_{LPF} < 0.42a$$

ただし、aは電子撮像素子の水平画素ピッチ(単位 μm)であり、aは $4\mu m$ 以下である。

【0206】〔34〕 開口形状が固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入可能であり、かつ、他の開口と交換可能とすることで像面照度の調節を行うことを特徴とする上記1、3、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0207】〔35〕 前記複数の開口の中、一部の開口内に550nmに対する透過率が80%未満である媒体を有すると共に、他の一部の開口の波長550nmに対する透過率を80%以上としたことを特徴とする上記34記載の電子撮像装置。

【0208】〔36〕 ズーム光学系の焦点距離と入射瞳の直径から求まるFナンバーを F_{no} 、前記開口における波長550nmにおける透過率をTとしたときの F_{no}/\sqrt{T} を実効 F_{no}' とし、前記電子撮像素子の水平画素ピッチをaとすると、 $F_{no}' > a(\mu m)/0.4\mu m$ となるような実効Fナンバーに相当する光量になるように調節する場合は、開口内に550nmに対する透過率Tが80%未満の媒体を備えた開口を前記ズーム光学系の光路に挿入するようにしたことを特徴とする上記34記載の電子撮像装置。

【0209】〔37〕 前記複数の開口の中の数にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする上記34記載の電子撮像装置。

【0210】〔38〕 収納時に少なくとも反射光学素子以外の1枚のレンズをチルト移動させることで撮影時よりも薄く収納することを特徴とする上記1記載の電子撮像装置。

【0211】〔39〕 前記反射光学素子をプリズムにて構成し、前記プリズムの外殻を固体で形成し、内部を液体で充填し、前記ズーム光学系の沈没時に前記液体を抜くことにより薄く変形させることを特徴とする上記1、3、4、6の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0212】〔40〕 前記第4の反射面により反射された光束を観察者眼球に導くファインダー光路としたことを特徴とする上記11記載の電子撮像装置。

【0213】〔42〕 前記反射光学素子を移動させることで撮影方向を変更可能としたことを特徴とする上記1、3、4、6、11の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0214】〔43〕 広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群を少なくとも1つ含み、変倍

時に可動な全ての群の最も物体側のレンズよりも物体側に入射面・射出面の少なくとも一方が曲率を有する面である光路を折り曲げるための反射光学素子を少なくとも1つ含む光路折り曲げズーム光学系及びその像側に配置された電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0215】〔44〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子が前記光路折り曲げズーム光学系の最も物体側に配置されていることを特徴とする上記43記載の電子撮像装置。

【0216】〔45〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子は入射面が物体側に凹面を向けていることを特徴とする上記43又は44記載の電子撮像装置。

【0217】〔46〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子は入射面が非球面であることを特徴とする上記45記載の電子撮像装置。

【0218】〔47〕前記光路を折り曲げるための反射光学素子は射出面が平面であることを特徴とする上記46記載の電子撮像装置。

【0219】〔48〕前記の広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと少なくとも1つの負レンズとからなり、少なくとも1つずつの正レンズと負レンズが互いに接合されていることを特徴とする上記43から47の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0220】〔49〕前記の広角端から望遠端に変倍する際に物体側にのみ移動する群は、2つの正レンズと1つの負レンズとからなり、前記負レンズが少なくとも一方の正レンズと互いに接合されていることを特徴とする上記43から47の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0221】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明により、沈胴厚が薄く、収納性に優れ、かつ、高倍率でリアフォーカスにおいても結像性能の優れたズームレンズを得ることができ、ビデオカメラやデジタルカメラの徹底的薄型化を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電子撮像装置に用いられる光路折り曲げズーム光学系の実施例1の無限遠物点合焦時の望遠端(a)、中間状態(b)、広角端(c)でのレンズ断面図である。

【図2】実施例2の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図3】実施例3の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】実施例4の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図5】実施例5の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図6】実施例6の光路折り曲げズーム光学系の図1と

同様のレンズ断面図である。

【図7】実施例7の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図8】実施例8の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図9】実施例9の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図10】実施例10の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図11】実施例11の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図12】実施例12の光路折り曲げズーム光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図13】実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図14】実施例12の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図15】本発明の光路折り曲げズーム光学系の沈胴方式の1例を説明するための図である。

【図16】光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーで構成した場合の1つの沈胴方式の概念図である。

【図17】光路折り曲げ用の反射光学素子をミラーで構成した場合の別の沈胴方式の概念図である。

【図18】光路折り曲げ用の反射光学素子を液体プリズムあるいは変形可能なプリズムで構成した場合の別の沈胴方式の概念図である。

【図19】光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合の合焦方式の概念図である。

【図20】形状可変ミラーの面形状を説明するための概念図である。

【図21】光路折り曲げ用の反射光学素子を形状可変ミラーで構成する場合の手ブレ補正方式の概念図である。

【図22】光路折り曲げズーム光学系からファインダー光路を分割する構成の概念図である。

【図23】近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図24】ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図25】補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図26】補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図27】各実施例の明るさ絞りの部分の一例の詳細を示す斜視図である。

【図28】各実施例の明るさ絞りの部分の別の例の詳細を示す図である。

【図29】本発明による光路折り曲げズーム光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図30】図29のデジタルカメラの後方斜視図であ

る。

【図31】図29のデジタルカメラの断面図である。

【図32】本発明による光路折り曲げズーム光学系を対物光学系として組み込んだパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図33】パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図34】図32の状態の側面図である。

【図35】本発明による光路折り曲げズーム光学系を対物光学系として組み込んだ携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【符号の説明】

G1…第1群

G1-1…第1-1群

G1-2…第1-2群

G2…第2群

G3…第3群

G4…第4群

G5…第5群

P…光路折り曲げプリズム

S…開口絞り（独立の場合）

IF…近赤外カットフィルター

IC…近赤外カットコート面

LF…光学的ローパスフィルター

CG…カバーガラス

I…像面

E…観察者眼球

L1…負メニスカスレンズ

M…光路折り曲げ用ミラー

L2、L3…レンズ

LG…レンズ群

LP…液体プリズム、変形可能なプリズム

DM…形状可変ミラー

M1…反射光学素子

LA…レンズ群

M2…光路分割素子

M3、M4…反射面

1A、1B、1C、1D、1E…開口

1A'、1B'、1C'、1D'、1E'…開口

10…ターレット

10'…ターレット

11…回転軸

40…デジタルカメラ

41…撮影光学系

42…撮影用光路

43…ファインダー光学系

44…ファインダー用光路

45…シャッター

46…フラッシュ

47…液晶表示モニター

49…CCD

50…カバー部材

51…処理手段

52…記録手段

53…ファインダー用対物光学系

55…ボロアリズム

57…視野枠

59…接眼光学系

112…対物レンズ

113…鏡枠

114…カバーガラス

160…撮像ユニット

162…撮像素子チップ

166…端子

300…パソコン

301…キーボード

302…モニター

303…撮影光学系

304…撮影光路

305…画像

400…携帯電話

401…マイク部

402…スピーカ部

403…入力ダイヤル

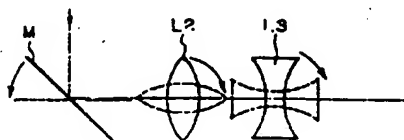
404…モニター

405…撮影光学系

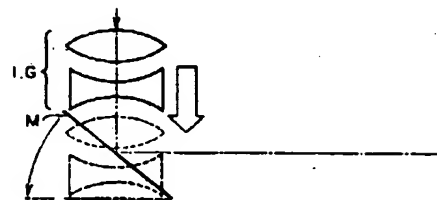
406…アンテナ

407…撮影光路

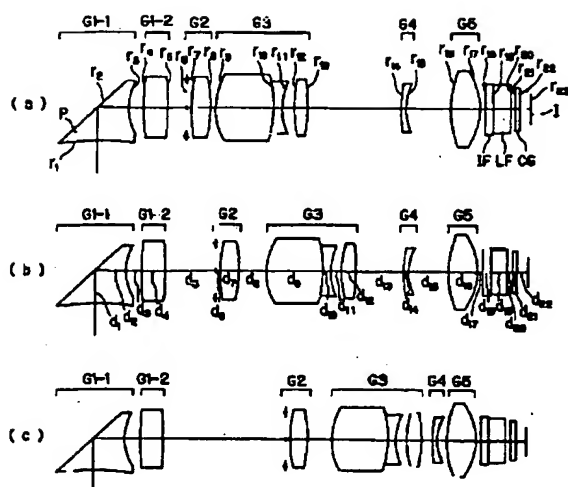
【図16】



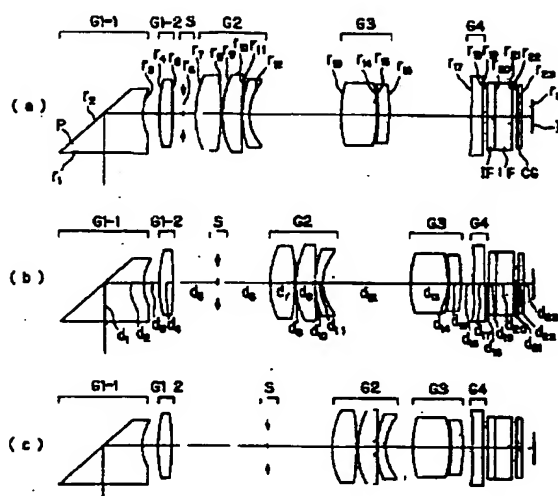
【図17】



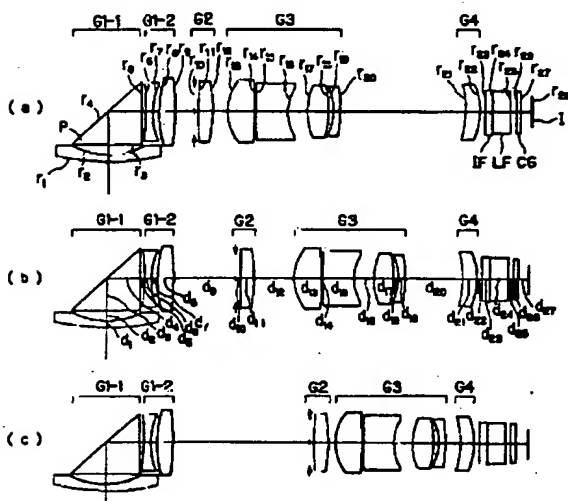
【図1】



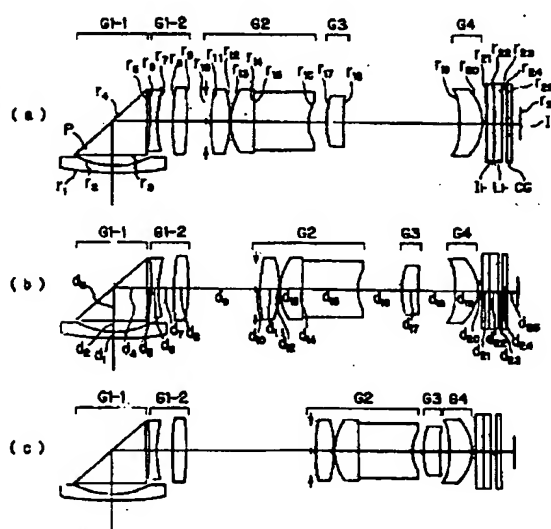
【図2】



【図3】



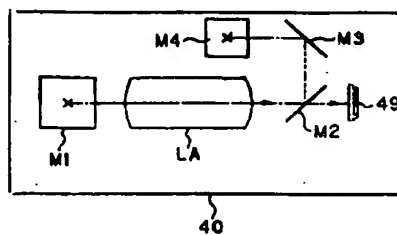
【図4】



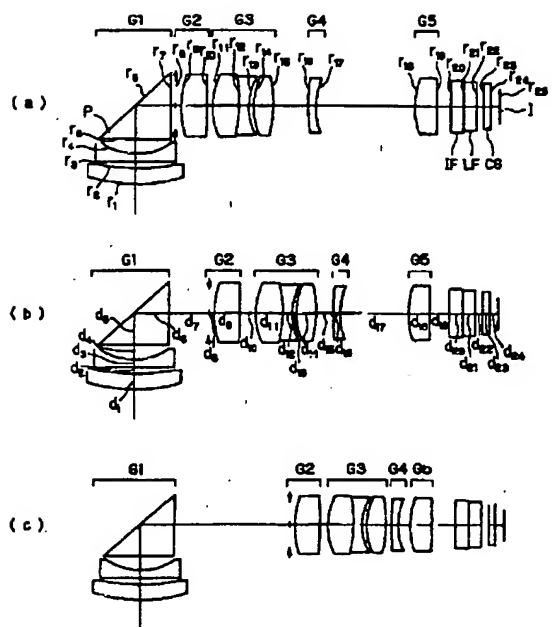
【図18】



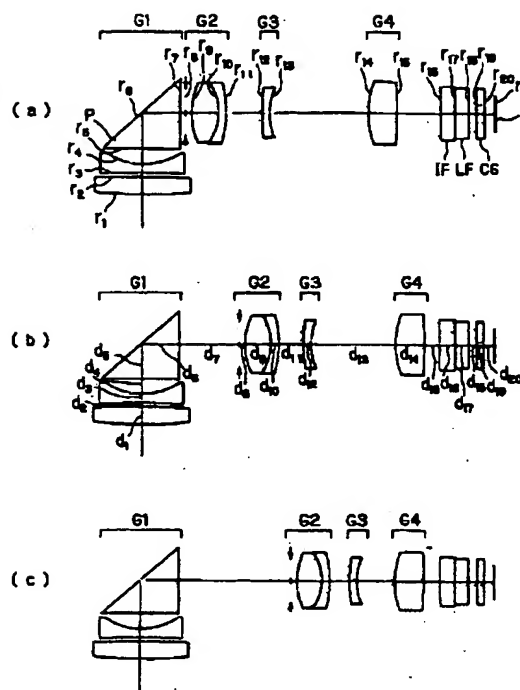
【図22】



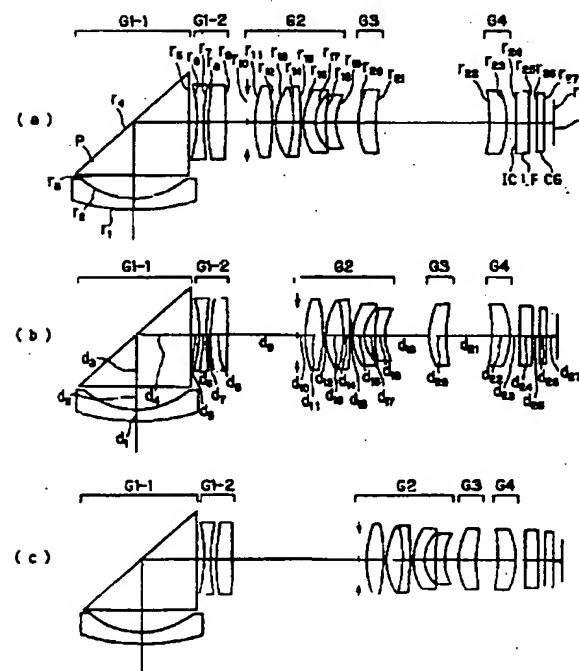
【図5】



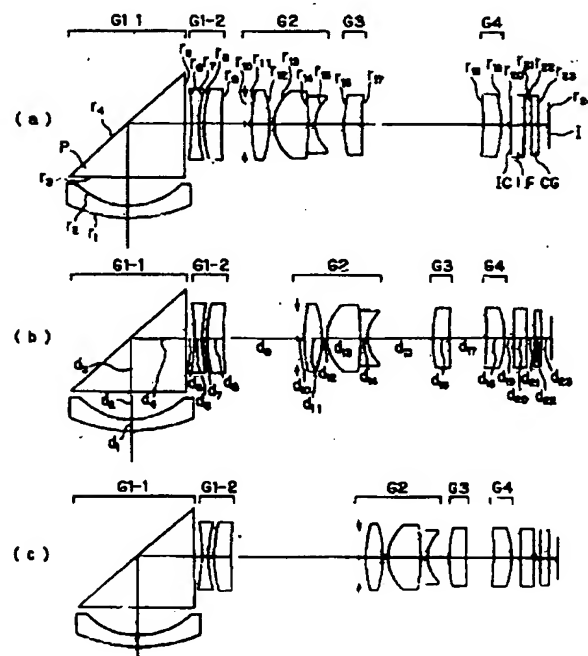
【図6】



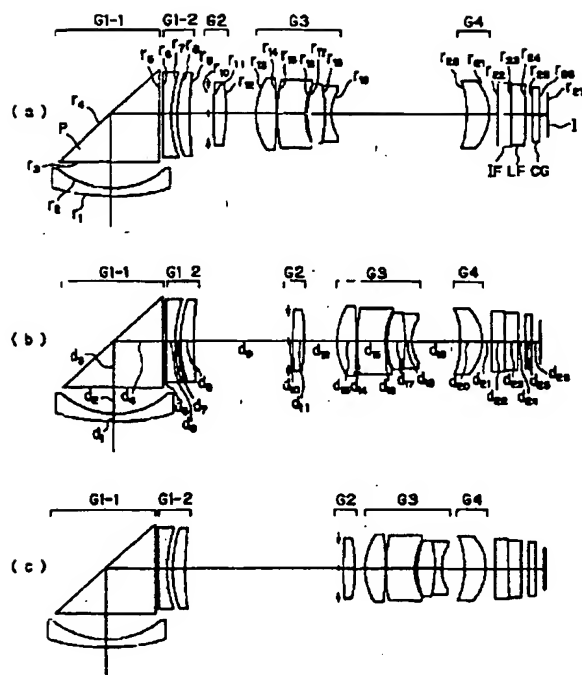
【図7】



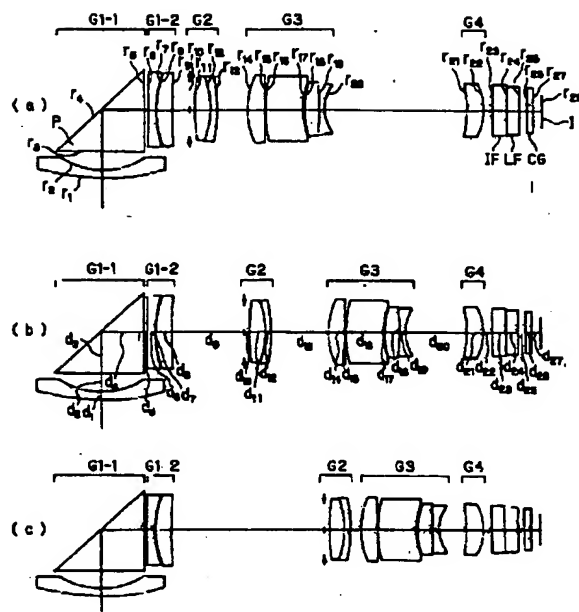
【図8】



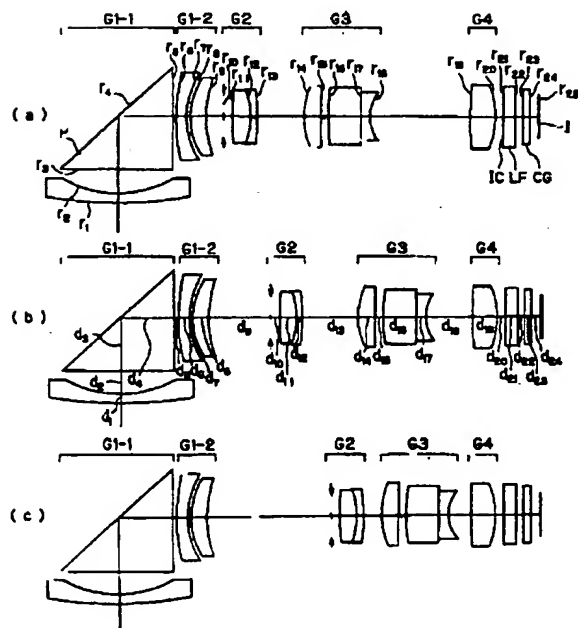
【図9】



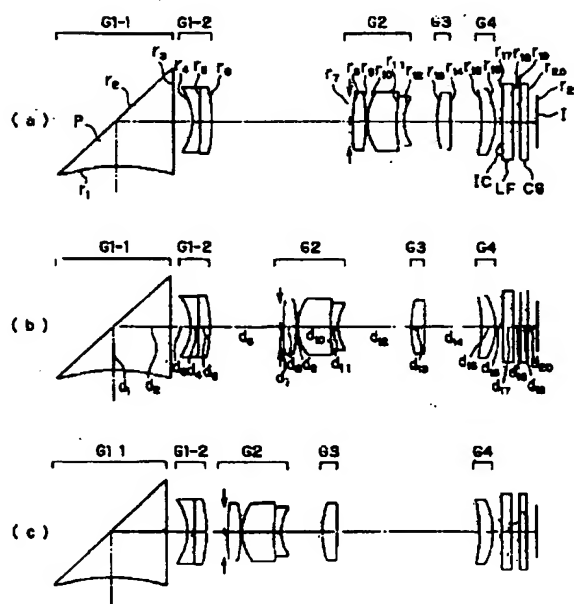
【図10】



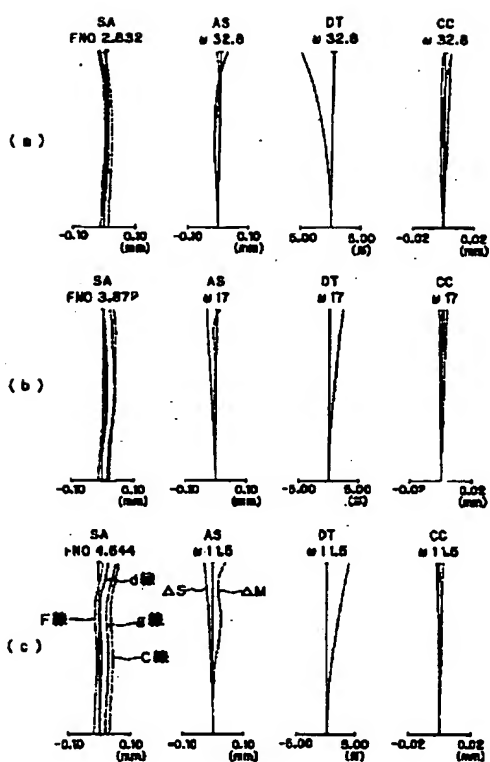
【図11】



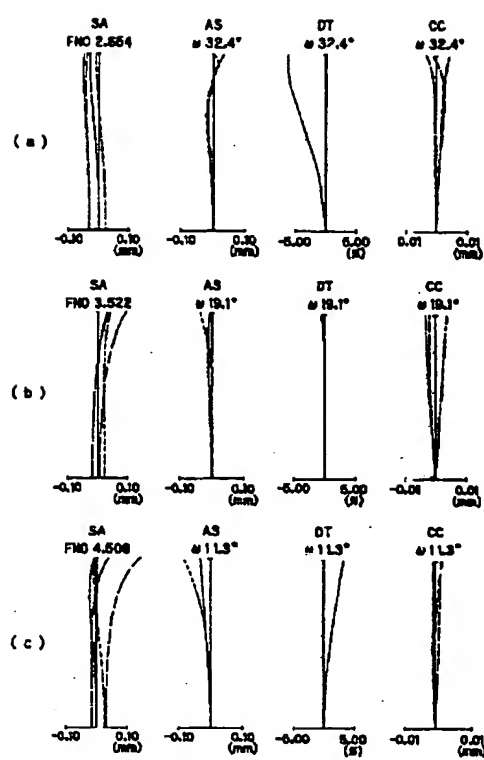
【図12】



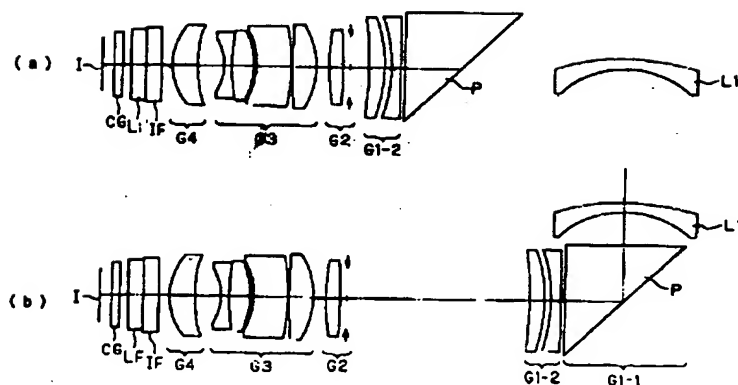
【図13】



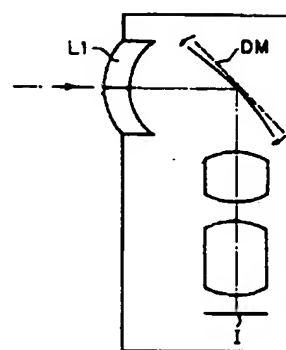
【図14】



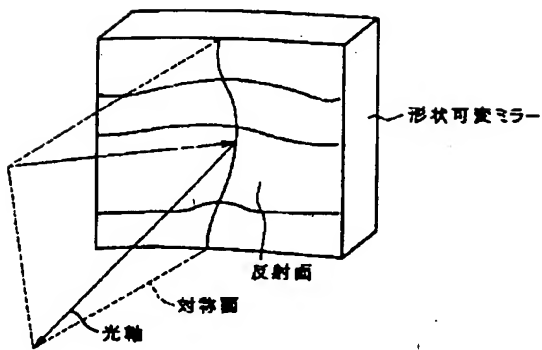
【図15】



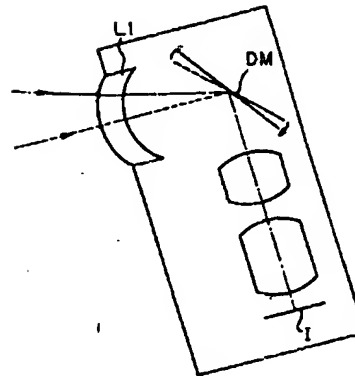
【図19】



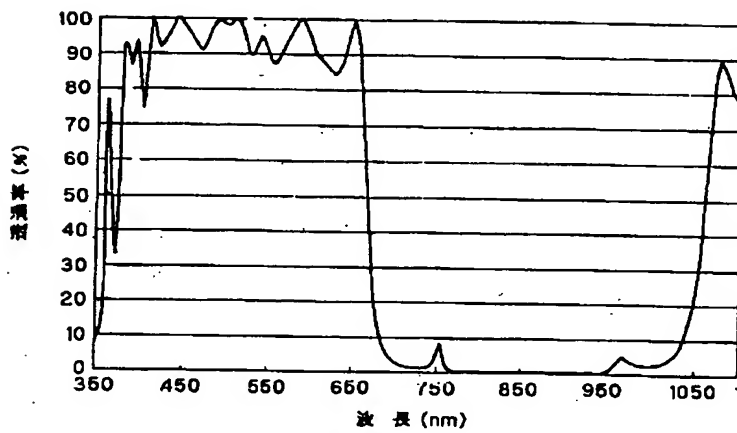
【図20】



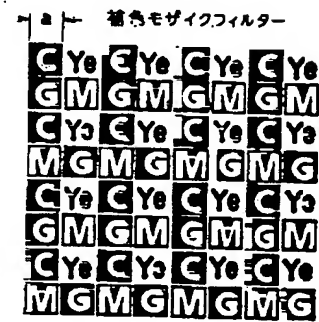
【図21】



【図23】

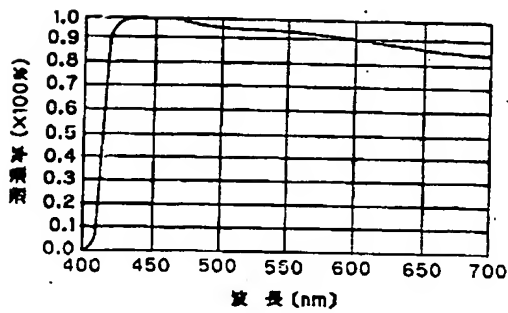


【図25】

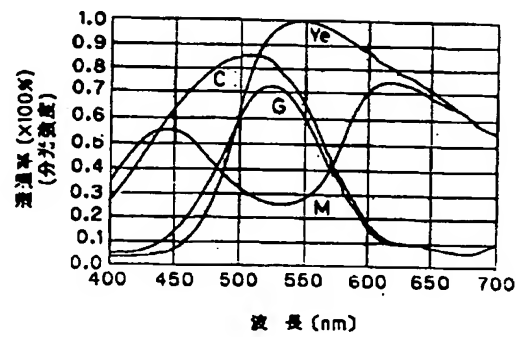


C:シアン M:マゼンタ
Y:イエロー G:緑

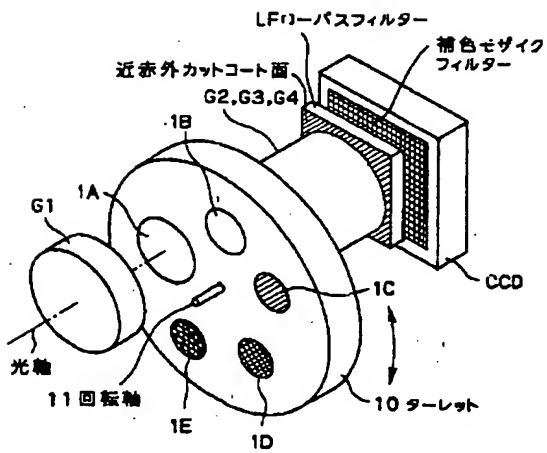
【図24】



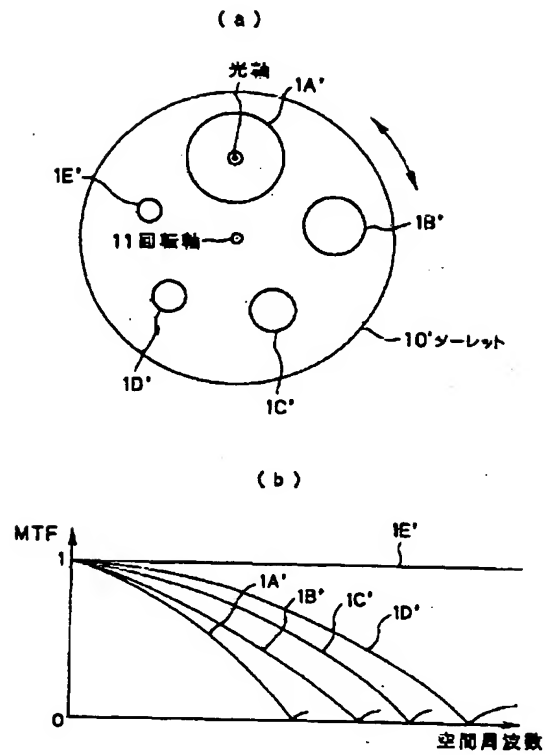
【図26】



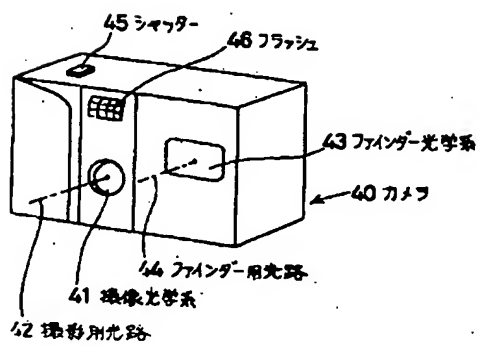
【図27】



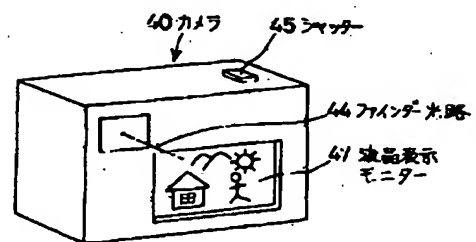
【図28】



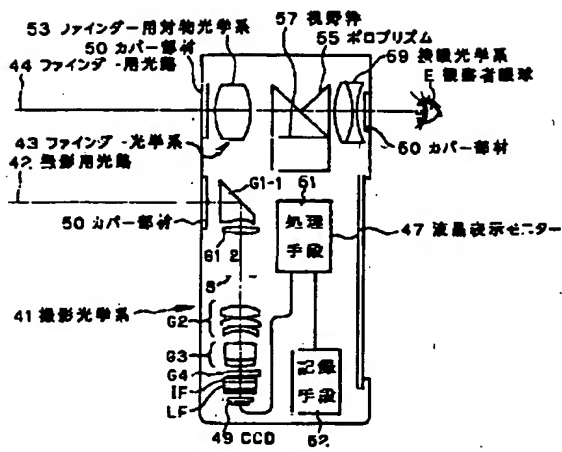
【図29】



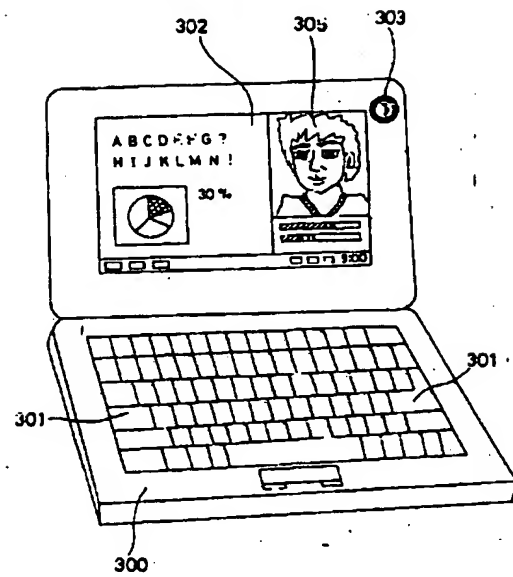
【図30】



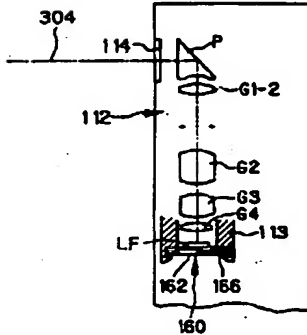
【図31】



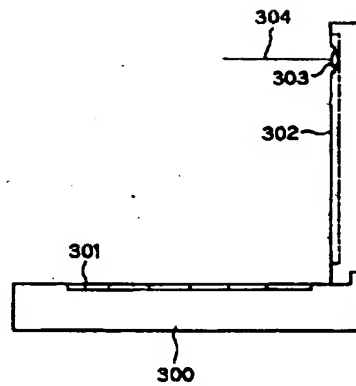
【図32】



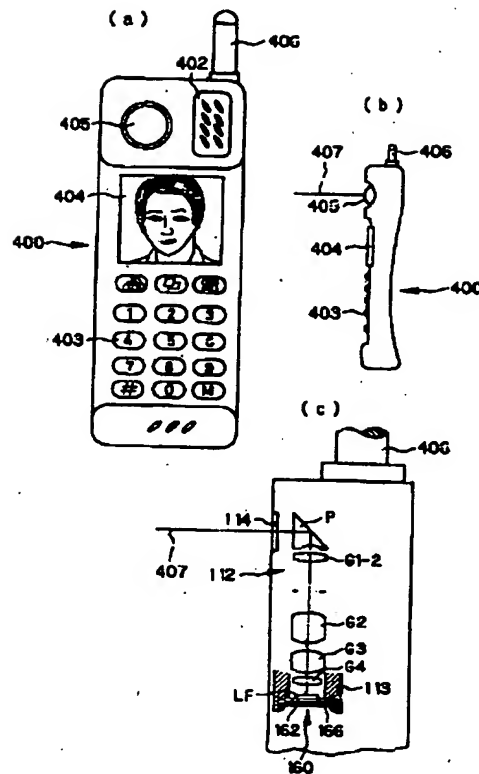
【図33】



【図34】



【図35】



フロントページの続き

(72)発明者 榎澤 豊治
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 渡邊 正仁
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 石井 敦次郎
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 武山 哲英
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 今村 文美
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA01 PA07 PA18 PB08
QA03 QA07 QA17 QA21 QA25
QA34 QA42 QA45 RA01 RA41
RA43 SA63 SA64 SA65 SA72
SA76 SB03 SB12 SB24 SB32
SB42 TA01 TA03
2H101 FF00
5C022 AB44 AB55 AB66 AC54

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.